Conseil des sciences du Canada
Science Council of Canada

Document d'étude

Les polluants atmosphériques et leurs effets sur les systèmes aquatiques — Évaluation des besoins de recherche

Pamela Stokes

Les polluants atmosphériques et leurs effets sur les systèmes aquatiques -- Evaluation des besoins de recherche

Pamela Stokes

Mai 1988

Le Conseil des sciences du Canada publie les comptes rendus de conférences ou d'ateliers dans le but de faire connaître aux lecteurs intéressés les idées et les points de vue exprimés par les experts de divers domaines participant à ces conférences ou ateliers. Il ne souscrit pas nécessairement aux opinions exprimées dans ce compte rendu.

Pour obtenir gratuitement des exemplaires de

LES POLLUANTS ATMOSPHERIQUES ET LEURS EFFETS SUR LES SYSTEMES AQUATIQUES -- EVALUATION DES BESOINS DE RECHERCHE

prière de s'adresser au :

Service des publications
Conseil des sciences du Canada
100, rue Metcalfe
Ottawa, Canada
K1P 5M1

The English version of this publication is also available at the above address.

N° de catalogue SS21-5/1988-2F
ISBN 0-662-94794-0

©Ministère des Approvisionnements et Services, 1988

"Les poissons ne peuvent survivre dans l'eau pure"

Chuang Tzu

TABLE DES MATIERES

Avant-propos 7

Remerciements 9

1. Introduction 11
   But et objectifs 11
   Définition du problème et zones grises 12

2. Recherche sur les dépôts acides : approches et résultats 21
   Historique des grandes études poursuivies au Canada et aux Etats-Unis 21
   Approches à la recherche sur les contaminants atmosphériques et les systèmes aquatiques 24
   Recherche sur le contrôle et la gestion 25

3. Neutralisation des eaux de surface acides : faut-il chauler? 27
   Contexte 27
   Le chaulage contemporain 27
   Techniques de neutralisation et chances de succès 28
   Le programme de chaulage ontarien 29
   L'avis des experts 30

4. Le point sur les recherches et les politiques relatives aux eaux 32
   Méthodes de documentation 32
   Rôle du gouvernement et des universités dans la recherche et la surveillance des eaux 32
   Organisation de la recherche 34
   Priorités en matière de recherche sur les eaux 35
   Utilité du bassin versant comme unité de gestion 36
   Budgétisation de la recherche et de la restauration 36
   Rôle des gouvernements fédéral et provinciaux dans la gestion des ressources hydriques 37
   Conclusions et propositions 37

Annexes
A Personnes interrogées 43
B Questions ayant servi de base aux entretiens 45
C Deux communiqués de presse décrivant le programme ontarien visant à réduire les émissions d'oxides de soufre 47

Notes 50

Figures
Figure 1 Principales voies d'acheminement et transformations des gaz acides responsables du dépôt de substances acides dans l'écosystème 12
Figure 2 L'échelle pH 14
Figure 3 Eaux à pouvoir tampon variable 15
Figure 4 Sensibilité des biotes aquatiques à un faible pH 16

Tableau
Tableau 1 Questions, problèmes et incertitudes relatifs à l'écosystème aquatique et aux contaminants atmosphériques 18

AVANT-PROPOS

Beaucoup de contaminants organiques et inorganiques retrouvés dans les sédiments, l'eau et les biotes des systèmes aquatiques ces dernières années ne proviennent pas de sources de pollution ponctuelles ni de déversements locaux. Ils semblent plutôt avoir pour origine des endroits situés à une distance considérable du système touché et avoir été transportés dans l'atmosphère, souvent sur des centaines de kilomètres, avant de venir se déposer dans les écosystèmes aquatiques.

Les pluies acides ne constituent qu'un aspect - le mieux connu sans doute - du problème que pose le transport des polluants atmosphériques sur de grandes distances. Des contaminants organiques comme les pesticides, les produits de combustion des combustibles fossiles et les biphényles polychlorés (BPC) ont été dispersés sur de grandes distances dans l'atmosphère, de même que certains métaux comme le mercure, le plomb et le zinc. Ce problème a récemment été illustré de façon dramatique, sinon tragique. En effet, l'accident survenu à la centrale nucléaire de Tchernobyl a contaminé de substances radioactives la faune et les étendues d'eau des pays scandinaves. La viande de renne, de mouton et de bovin est devenue impropre à la consommation humaine, et on n'a pas encore pu déterminer les effets chroniques de l'irradiation sur les biotes.

L'accumulation insidieuse des "retombées toxiques" et le fait que les masses d'air qui véhiculent les substances toxiques ne respectent pas les frontières politiques ou géographiques rendent l'étude des effets de ces contaminants sur les eaux aussi difficile que complexe, tandis que l'impossibilité de prouver l'existence d'effets nocifs et l'absence de mécanisme juridique que l'on pourrait faire respecter posent des obstacles à l'imposition de mesures de contrôle.

Ce document, le second d'une série publiée par le Comité des ressources en eau du Conseil des sciences, examine les voies d'acheminement et les effets, réels ou anticipés, des polluants atmosphériques transportés sur de grandes distances sur les eaux douces canadiennes. L'auteur fait le point sur la recherche effectuée dans ce domaine jusqu'à présent, évalue l'utilité du chaulage pour la neutralisation des eaux de lac et de rivière acidifiées et propose certaines orientations en matière de recherche et de gestion.

Pamela Stokes est directrice de l'Institute for Environmental Studies et professeure au département de botanique à l'Université de Toronto.

James M. Gilmour
Directeur de la recherche
Conseil des sciences du Canada

REMERCIEMENTS

J'aimerais sincèrement remercier tous ceux qui ont consacré un peu de leur temps pour me faire part de leurs idées, que ce soit de vive voix, au téléphone ou par correspondance (annexe A). Ma tâche, qui consistait essentiellement à faire un sondage d'opinion, s'est avérée agréable. Judith Eichmanis du centre de ressources de l'Institute for Environmental Studies de l'Université de Toronto m'a offert une aide inappréciable, et je dois remercier Desiree Toom, Christine Radewych et Sue Gammage pour leur assistance efficace. A tous ceux-là, et à William Smith du Conseil des sciences pour sa patience et ses conseils, merci.

1. INTRODUCTION

But et objectifs

L'atmosphère reçoit et véhicule des gaz et des particules de nature aussi variée que leur origine. Certaines substances peuvent parcourir des distances considérables avant de se mêler aux eaux de surface. Une fois dans l'eau, elles peuvent en altérer, souvent même en détériorer, la qualité. Ce phénomène englobe : les dépôts acides; les "retombées toxiques", où des composés organiques à l'état de traces comme les pesticides et les BPC (biphényles polychlorés) venant de sources distantes se déposent dans l'eau; l'accumulation de mercure dans la chair des poissons qui peuplent les lacs éloignés; et un cas récent, particulièrement tragique, à savoir la contamination de l'eau, des poissons et des sédiments en Scandinavie à la suite des retombées radioactives consécutives à l'accident survenu à la centrale nucléaire de Tchernobyl.

Face à la complexité des voies empruntées par les polluants atmosphériques, de leur point d'origine à l'eau qu'ils contaminent, ainsi qu'aux effets inconnus ou souvent bénins de la présence de traces des mêmes substances, la résolution de ce problème exige des recherches de même que la synthèse des données recueillies dans des disciplines fort variées comme la physique, la chimie, la météorologie, la géographie, la géologie, la limnologie, l'hydrologie, l'écologie, la toxicologie, la physiologie et le génie.

L'étude de l'écosystème, qui fait appel à la géochimie, à l'hydrologie ainsi qu'à la biologie des organismes terrestres et aquatiques, est pratiquement essentielle compte tenu des liens très étroits qui existent entre une étendue d'eau et son bassin versant.

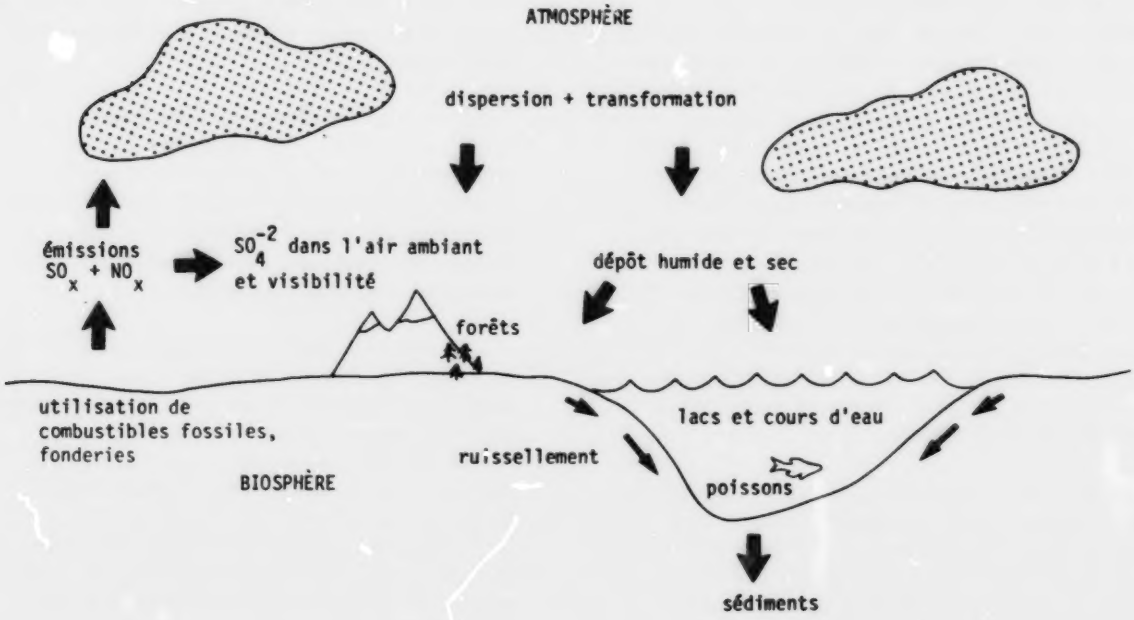
Les renseignements ne manquent pas et on comprend raisonnablement bien les mécanismes en cause. Le défi réside dans la synthèse des données et la formulation de prévisions raisonnables sur les effets des polluants. Dans certains cas, le mal est fait. Cependant, la restauration reste toujours possible pourvu que l'on parvienne à intégrer les données scientifiques suffisamment pour appuyer les solutions techniques. Dans d'autres cas, les étendues d'eau sont menacées mais n'ont pas subi de changement permanent, du moins si l'on se fie aux indicateurs les plus évidents. Dans ce cas, il est clair qu'on a besoin d'effectuer des prévisions.

En ce qui concerne les politiques relatives à l'eau, les approches qui ne recourent pas à plusieurs disciplines n'auront qu'un succès mitigé. Les décisions politiques devraient se fonder sur des modèles qui combinent les sciences physiques, économiques et sociologiques.

Ce document établit les besoins canadiens de recherche d'après la littérature, les projets en cours et l'opinion des professionnels concernés. Je me suis cependant restreinte aux contaminants qui parcourent une certaine distance dans l'atmosphère. Outre les références aux études sur les fonderies, dans les comparaisons spatiales et dans la section sur les mesures de lutte contre l'acidification, je ne me suis pas attardée aux effets des sources ponctuelles de polluants atmosphériques sur l'eau.

Je n'ai pas examiné en détail les aspects économiques du problème, même si on s'inquiète généralement des diminutions récentes apportées aux budgets de recherche, surtout à l'échelon fédéral. Alors même que je rédigeais ce document, le chef de la Direction générale des eaux et terres d'Environnement Canada m'a fait parvenir une note qui disait essentiellement ceci : "A la suite des restrictions imposées par le gouvernement fédéral en vue de réduire les dépenses, le programme de soutien à la recherche sur les ressources hydriques de 1987-1988 a été annulé." Ce petit programme, d'un budget d'environ 250 000 $, venait en aide aux scientifiques poursuivant des recherches sur les eaux dans les universités canadiennes. Sa disparition n'est qu'un exemple des problèmes financiers que doivent affronter les chercheurs. Le rapport Pearse[1] explique plus en détail de quelle manière

Figure 1. Principales voies d'acheminement et transformations des gaz acides responsables du dépôt de substances acides dans l'écosystème



sont financées les recherches sur les eaux. A sa lecture, on constate clairement que dans de nombreux cas, en particulier en ce qui a trait à la gestion et à la préservation de la qualité de l'eau ou à la gestion et à la protection de l'environnement, il y a eu une hausse du financement entre 1960 et 1983.

Définition du problème et zones grises

De nombreux composés chimiques entrent dans la catégorie des polluants atmosphériques, que l'on peut séparer en a) polluants résultant de la perturbation des cycles naturels et b) produits synthétiques souvent persistants. Dans la première catégorie se retrouvent les oxydes de soufre et d'azote, précurseurs des précipitations acides, de même que les métaux comme le plomb et le mercure ou des éléments nutritifs comme les phosphates et les composés simples à base de carbone ou d'azote. Le deuxième groupe rassemble beaucoup de pesticides et les BPC.

Pour voyager sur de longues distances dans l'atmosphère, ces substances doivent se trouver sous une forme gazeuse ou particulaire. Dans la majorité des cas, elles pénètrent l'atmosphère à partir d'une source de combustion stationnaire (par exemple, une centrale électrique, une fonderie ou un incinérateur) ou mobile (par exemple, un véhicule automobile). Dans les années 1960 et 1970, les craintes croissantes relatives à la qualité de l'air dans les centres urbains et industriels avaient entraîné la construction de nouvelles centrales et de complexes métallurgiques pourvus de très hautes cheminées. La qualité de l'air local

s'est bien améliorée, mais faute de contrôler les émissions, on a simplement dispersé les contaminants sur de plus grandes distances. Les industries ne doivent pas porter totalement le blâme pour cette solution naive; les environnementalistes préconisent souvent la solution de la "dilution". D'autres contaminants sont dispersés dans l'atmosphère dans le cours normal des choses. Ainsi, on pulvérise délibérément les pesticides sur de grandes surfaces.

Les premiers signes du phénomène des "pluies acides" se sont manifestés dans certaines parties de la Scandinavie vers la fin des années 1960[2]. Vers le milieu de la décennie suivante, les scientifiques d'Europe et d'Amérique du Nord ont admis l'étendue du problème à l'occasion du premier colloque international sur les précipitations acides de 1975[3]. La figure 1 résume les principales voies d'acheminement et transformations des substances acides, de la source au récepteur.

Il est difficile de définir les effets des dépôts acides. Le récepteur, souvent un organisme vivant ou un être humain, peut absolument ne rien ressentir ou être affecté d'une manière impossible à mesurer à court terme. La difficulté d'établir des relations entre la source des émissions et la contamination du système concerné par les substances émises (le dépôt) est un autre obstacle, ce qui est peu surprenant puisque le transport et la transformation des polluants dans l'atmosphère sont l'objet de nombreux facteurs imprévisibles comme les conditions météorologiques. Ainsi, dans l'étude sur la charge prévue de polluants[4], les scientifiques ont été incapables d'établir avec certitude qu'une réduction de 30 p. 100 (ou même de 50 p. 100) des émissions de soufre protégerait les écosystèmes les plus fragiles. Les spécialistes ne peuvent également établir catégoriquement si les relations entre les émissions et le dépôt de soufre sont linéaires ou non. De plus, les relations quantitatives entre le dépôt de substances dans un système aquatique et les effets biologiques de ce phénomène ne sont pas totalement prévisibles.

On mesure l'acidité des précipitations au moyen d'une échelle logarithmique appelée pH (figure 2). La sensibilité des lacs et des cours d'eau aux dépôts acides varie considérablement, comme on peut le voir à la figure 3. Ainsi, il est peu probable qu'un grand lac productif, situé dans une région à géologie caractérisée par des roches tendres carbonatées, soit acidifié par les pluies à faible pH. Cependant, une petite étendue d'eau douce non productive (oligotrophe) sur une assise rocheuse insoluble comme le granit sera extrêmement sensible aux pluies acides, d'autant plus que son pouvoir tampon est relativement faible. En matière de protection contre l'acidification, il est capital d'accorder la priorité aux régions les plus fragiles, ce qui, au Canada, signifie les eaux et les terres du Bouclier précambrien et non les Grands Lacs. En d'autres termes, il faut protéger les lacs et les rivières de l'Ontario, du Québec et de la Nouvelle-Ecosse plutôt que ceux des provinces de l'Ouest.

On a décrit avec force détails les effets réels et potentiels de l'acidification sur les organismes aquatiques, en particulier sur les poissons[5]. Dans la plupart des cas, ces changements sont nocifs car l'accroissement de l'acidité entraîne la disparition des espèces recherchées et on assiste à un appauvrissement de la population (diversité des espèces). De nombreuses espèces ne tolèrent pas un pH faible (figure 4). Avec sa simplification, le système aquatique devient plus vulnérable à une perturbation de l'écologie et on assiste souvent à l'apparition de vilains amas d'algues[6]. Même s'il n'existe pas deux systèmes aquatiques identiques, la réaction biologique à l'acidification tend à être la même dans toutes les régions touchées.

Depuis cinq ans environ, on sait que les précurseurs acides ne constituent qu'une facette du problème. L'eau de pluie polluée, même dans les régions très éloignées des sources de pollution, renferme des métaux comme le zinc, le plomb et le mercure à l'état de traces, de même que des composés organiques persistants comme les pesticides à base d'hydrocarbures chlorés, les biphényles polychlorés (BPC) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques(HAP). Récemment,

Figure 2. L'échelle pH

Légende

Le diagramme présente des "points de repère" sous forme de pH de différentes substances. L'eau de pluie non polluée a un pH naturel de 5,6, ce qui est un peu plus faible que le point neutre (pH 7) en raison de la présence de gaz carbonique qui se dissout dans l'eau pour produire un acide faible.

L'échelle est logarithmique. En d'autres termes, une unité représente une hausse du degré d'acidité par un facteur de dix. Elle est également basée sur un logarithme négatif, si bien que plus le pH est faible et plus le produit est acide.

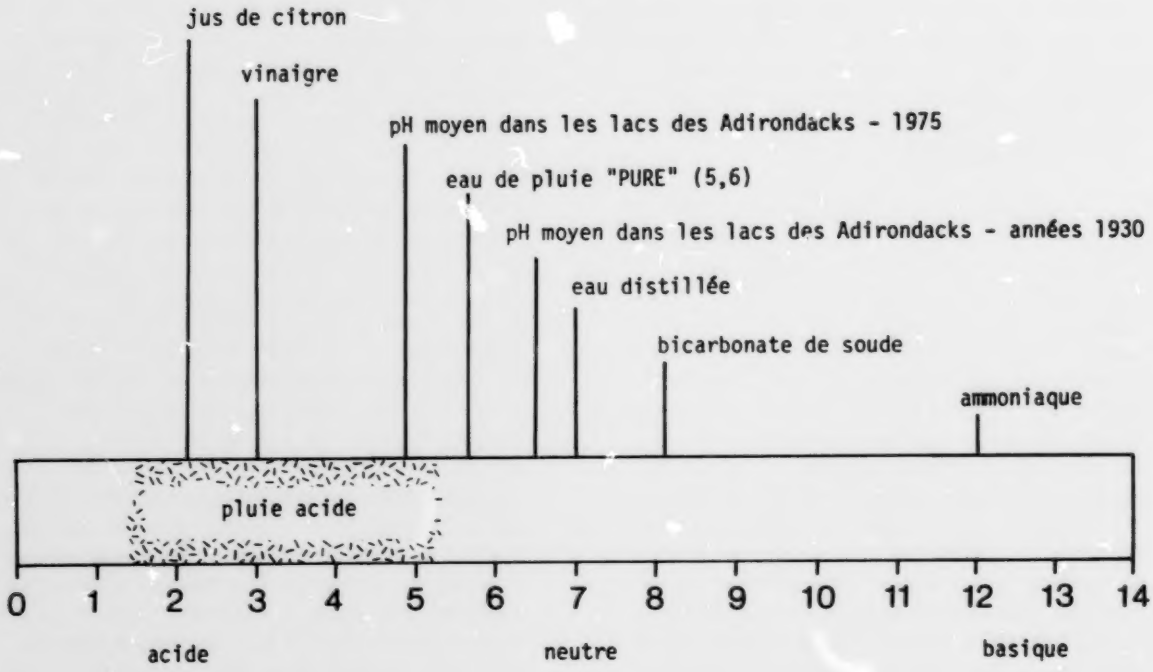


Figure 3. Eaux à pouvoir tampon variable

Légende

Ce diagramme illustre des eaux de différents "pouvoirs tampon", c'est-à-dire capables d'absorber des produits acides sans changer de pH. L'eau la mieux tamponnée (courbe A) ne subit pratiquement aucune baisse de pH après l'addition d'acide alors que celle la plus mal tamponnée (courbe D) voit son pH diminuer rapidement. Les autres eaux se situent entre ces extrêmes. La courbe A est typique à une eau dure sur une assise calcaire ou un sol très carbonaté; la courbe D représente l'eau douce d'un lac sur un fond de granit ou sur un solacide qui s'est mal développé.

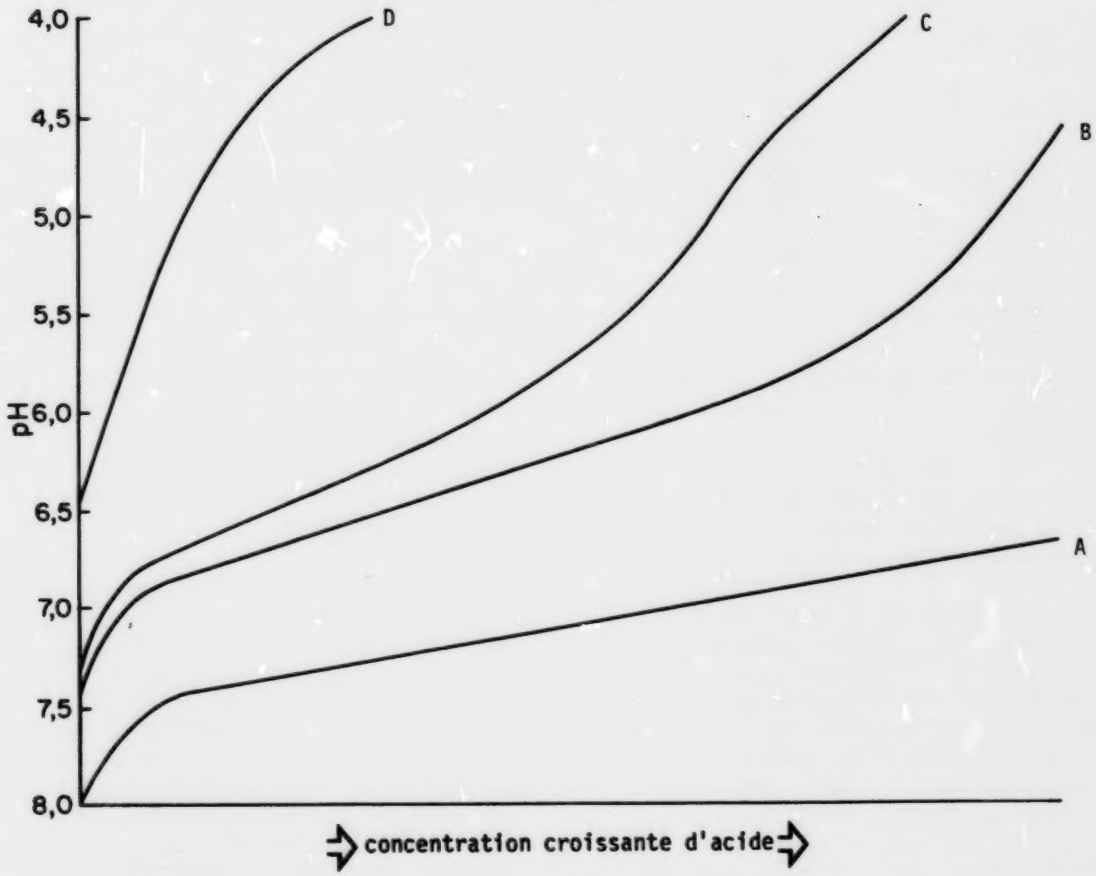
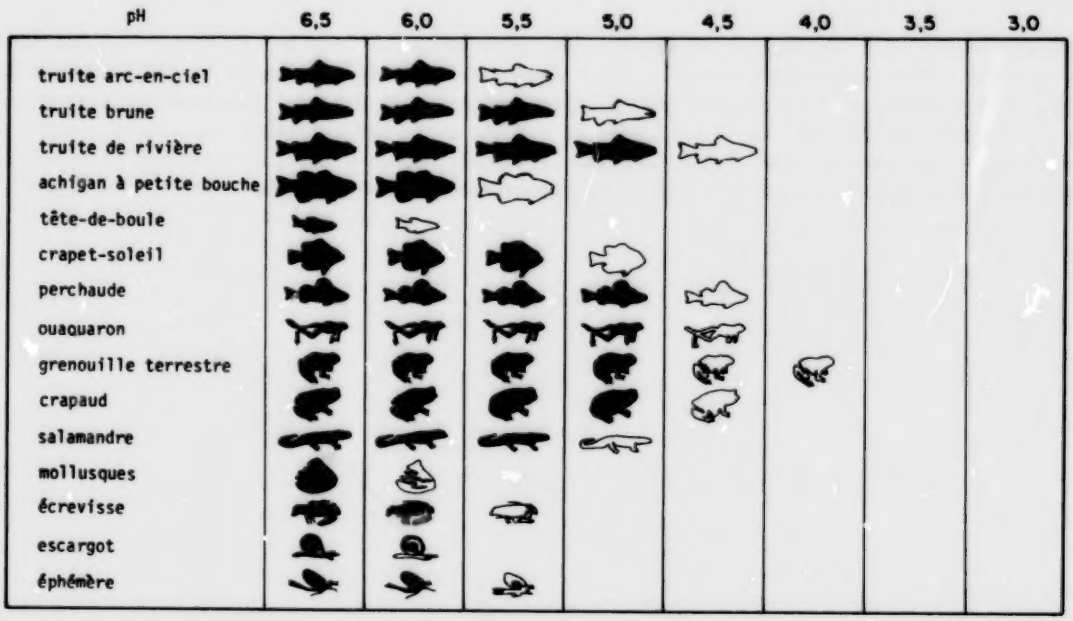


Figure 4. Sensibilité des biotes aquatiques à un faible pH. Les formes pleines représentent les animaux "normaux" et les silhouettes, les animaux qui survivent mais avec des facultés affaiblies.



les études sur les dépôts acides ont commencé à s'intéresser aux autres contaminants que les précurseurs acides présents à l'état de traces[7]. On a déjà émis l'hypothèse que la toxicité des contaminants de ce genre, comme les composés organiques, pourrait augmenter avec la baisse du pH[8].

Bien que les traces de métaux et de composés organiques puissent contaminer les eaux à partir de l'atmosphère[9] et que les eaux acides puissent dissoudre d'autres métaux du sol, des roches et des sédiments[10], on se demande encore si ces contaminants agissent directement ou indirectement sur les biotes aquatiques et sur l'homme. Le fait que ces substances ne se retrouvent qu'à l'état de traces (parties par trillion ou moins) et que de nombreux contaminants différents s'ajoutent pêle-mêle à l'eau empêche fréquemment d'en déterminer les effets respectifs, qu'il s'agisse de la toxicité, de la stimulation, de la carcinogénicité ou de la tératogénicité, par des études ou des analyses sur le terrain. Même lorsque les biotes commencent à montrer des anomalies, comme c'est par exemple le cas des poissons qui vivent dans les eaux polluées et présentent des tumeurs[11], il est très difficile de relier le symptôme à un produit particulier.

Sans aucun doute, les systèmes aquatiques supportent un fardeau de plus en plus lourd sur le plan de la contamination globale. Par ailleurs, si l'acidité ou la concentration des métaux et des composés organiques présents à l'état de traces augmente dans une certaine mesure dans les eaux de surface, par rapport aux niveaux historiques, les sédiments qui s'accumulent au fond des lacs nous lancent un signal beaucoup plus alarmant. En effet, la sédimentation est un phénomène perpétuel et on assiste au dépôt de contaminants qui adhèrent aux particules ou sont insolubles dans l'eau et forment des précipités avec les sédiments inorganiques et organiques naturels. La géochimie a donné naissance à une science passablement complexe, la paléolimnologie. Cette

dernière retrace l'histoire des produits chimiques qui se sont accumulés au fond des lacs grâce à des carottes soigneusement prélevées dans les sédiments lacustres puis analysées chimiquement une couche à la fois. Les hypothèses et les difficultés techniques d'une telle méthode débordent du cadre de ce document, mais cette approche, malgré ses limites, s'avère particulièrement efficace, surtout combinée à l'examen des vestiges biologiques dans les sédiments. Ainsi, elle a fourni de solides indices montrant qu'au cours des 50 à 100 dernières années, on a assité à une accumulation plus rapide de métaux comme le plomb, le zinc et le cadmium de même qu'à une claire tendance à la hausse de la concentration des composés organiques persistants dans les sédiments lacustres. Outre leur utilité comme chroni ue historique, c'est-à-dire comme instrument de diagnostic, les sédiments posent un problème capital. En effet, les contaminants y sont beaucoup plus concentrés que dans l'eau qui les baigne, ce qui soulève deux difficultés. En premier lieu, les organismes qui peuplent les sédiments sont exposés à une plus grande concentration de contaminants et peuvent en subir les effets, ou introduire ces contaminants dans la chaîne alim aire[12]. En second lieu, les matériaux sédimentés peuvent être de nouveau libérés dans l'eau et peuvent recontaminer celle-ci, même si les sources de pollution extérieures viennent à disparaître[13]. Toute agitation du fond comme celle résultant d'un dragage ne fera qu'accentuer cette tendance. On ignore vraiment dans quelle mesure les sédiments constituent plus un "réservoir" qu'un "déversoir".

Les acides et les polluants à l'état de traces qui échouent dans les étendues d'eau canadiennes portent rarement la "marque" de leur origine. Il s'agit habituellement de composés omniprésents dont le mode de transport, l'atmosphère, ne respecte aucune frontière géographique, encore moins politique ou nationale. L'incertitude qui règne quant à l'origine des contaminants et à leurs effets nocifs ou aux relations quantitatives qui existent entre la source des émissions et le récepteur a retardé la mise en oeuvre d'opérations de dépollution à la source. La portée internationale des problèmes de pollution européens-scandinaves et américano-canadiens (et depuis américano-mexicains) a rendu le processus décisionnel très visible sur le plan politique. Bien que les scientifiques des Etats-Unis et du Canada s'entendent généralement pour dire qu'il existe des "preuves circonstancielles suffisantes" que le transport des polluants atmosphériques sur de grandes distances détériore l'écosystème aquatique, on a été très lent à réagir en vue de contrôler le problème à sa source. Partiellement à la suite de cette situation, on a traité au moins un des symptômes du problème, l'acidification, en même temps que l'on cherchait à guérir la "maladie".

Le tableau 1 résume les problèmes et les zones grises présentés dans ce chapitre.

L'ensemble complexe et en évolution rapide des recherches axées sur le problème des pluies acides semble indiquer que les dépôts acides pourraient avoir des effets dévastateurs sur l'environnement, mais n'en brosse pas moins un tableau désolamment incomplet du mécanisme par lequel la pollution de sources précises conduit inéluctablement à un bouleversement écologique[14].

Tableau 1. Questions, problèmes et incertitudes relatifs à l'écosystème aquatique et aux contaminants atmosphériques

Question	Problème/incertitude	Remède	Remarques
1. Gaz et particules (polluants) provenant de la combustion. Les polluants comprennent les oxydes de soufre et d'azote, les métaux et les composés organiques ainsi que les éléments nutritifs.	Mauvais contrôle à la source; dans la plupart des cas, la technologie appropriée existe, mais sa mise en oeuvre entraînerait des coûts socio-économiques.	Appliquer les mesures de contrôle.	Le problème est surtout de nature sociale, politique ou économique.
2. Les sources sont des cheminées de plus en plus hautes ou des procédés conçus pour disperser les substances sur de grandes distances (pulvérisation).	Les substances parcourent de grandes distances (des milliers de kilomètres) à partir de leur source et sont déposées avec les précipitations.	Introduire des mesures de contrôle ou supprimer les sources de pollution.	Le remède poserait de graves problèmes socio-économiques.
	La relation entre les émissions (source) et le dépôt d'oxydes de soufre et d'azote n'est pas linéaire, surtout si l'on se base sur les données européennes. En Amérique du Nord, les données ne montrent pas tellement cette absence de linéarité.	Obtenir des mesures plus précises et mieux comprendre les phénomènes physiques et chimiques liés au mécanisme atmosphérique de distribution des oxydes de soufre et d'azote. Validation des modèles.	Pour l'instant, on se fie considérablement aux modèles. On devrait poursuivre les travaux de modélisation, mais pas aux dépens des observations empiriques sur le terrain. Eventuellement, les modèles devraient être plus réalistes.
3. Les polluants dangereux ont de nombreuses origines.	Il est parfois difficile d'identifier les sources, par conséquent on peut manquer de "preuves" de la culpabilité du pollueur.	Le "marquage" expérimental des sources importantes de pollution au moyen de substances inhabituelles pourrait aussi se servir d'autres empreintes comme la proportion d'isotopes de soufre.	Dans la plupart des cas, les scientifiques ne considèrent pas qu'il s'agit d'un problème majeur au niveau des techniques de dépollution.

Tableau 1. Questions, problèmes et incertitudes relatifs à l'écosystème aquatique et aux contaminants atmosphériques (suite)

Question	Problème/incertitude	Remède	Remarques
4. Les dépôts acides comprennent beaucoup d'autres substances que les acides. Les effets des polluants sur les biotes sont mal compris; il existe une relation non linéaire entre les dépôts acides et leurs effets sur la faune aquatique. Ces effets sont liés au site.	Les effets sont assez bien documentés pour les substances acides, même si on connaît moins bien les mécanismes impliquées. Il est impossible de prévoir des relations quantitatives. Par ailleurs, on doute de plus en plus que les traces de métaux et de composés organiques aient des effets aigus chroniques.	Les modèles ne seront jamais satisfaisants dans ce domaine. Puisque les substances peuvent être nocives pour les organismes vivants dans la plupart des cas, la méthode la plus utile consiste à évaluer les risques posés par la présence de contaminants dans l'eau. L'emploi d'indicateurs et contrôles biologiques comme signal d'alarme pourrait s'avérer d'une certaine utilité.	Si on attend la manifestation d'effets massifs ou une preuve absolue de dommages, il est possible que l'on réagisse trop tard pour renverser la situation.
5. Dans le cas des systèmes aquatiques, l'acidification semble résulter en grande partie de l'acide sulfurique; on pense que l'acide nitrique reste dans le sol.	L'objectif visé en ce qui concerne l'acidification des systèmes aquatiques est la réduction des émissions de soufre par les sources stationnaires; il est possible qu'on néglige un facteur important. On n'a pas réalisé autant de progrès techniques avec les émissions d'oxydes d'azote pour les centrales électriques qu'avec l'élimination des oxydes de soufre.	Continuer de surveiller la concentration des deux types d'acide, surtout dans les projets de bassin jaugé. Rechercher des effets là où l'acide nitrique est le principal polluant atmosphérique.	Le problème pourrait être théorique car les systèmes terrestres pourraient subir les effets de l'acide nitrique, auquel cas, le problème des oxydes d'azote serait réglé pour une autre raison.

Tableau 1. Questions, problèmes et incertitudes relatifs à l'écosystème aquatique et aux contaminants atmosphériques (suite)

Question	Problème/incertitude	Remède	Remarques
6. Les sédiments traduisent le dépôt régional et local des contaminants. Ils sont plus pollués que les eaux dans lesquelles ils baignent et sont relativement permanents, ou constituent des sources de pollution "stationnaires".	On ne sait pas vraiment si les sédiments "absorbent" ou relâchent les polluants.	Contrôler le sort des polluants dans les sédiments par des techniques chimiques et biologiques. Au besoin, immobiliser ou retirer les sédiments, ou restreindre l'exploitation des eaux touchées.	Un grave problème. Les remèdes sont presque totalement insatisfaisants ou peu pratiques pour l'instant.
7. Devrait-on traiter les eaux menacées ou touchées?	Le traitement des eaux acidifiées soulève des problèmes d'ordre déontologique et philosophique, mais techniquement on peut neutraliser les eaux acides et améliorer la pêche.	Les recherches sur la gestion de la restauration, du chaulage ou des autres méthodes de traitement ne devrait pas remplacer ni entraver le traitement à la source.	Face à la demande de la population, des essais de chaulage des eaux acides s'imposent. Cette approche doit être entreprise du point de vue scientifique et on devra sans doute chauler un nombre restreint de lacs.

2. RECHERCHE SUR LES DEPOTS ACIDES : APPROCHES ET RESULTATS

Historique des grandes études poursuivies au Canada et aux Etats-Unis

Le premier colloque international sur les précipitations acides et l'écosystème forestier s'est déroulé à l'Université de l'Ohio en 1975[15]. Un atelier, organisé en guise de suivi au colloque, comprenait une tribune sur les effets des précipitations sur les systèmes aquatiques. Le rapport de l'atelier[16] recommandait que les scientifiques

- rassemblent de la documentation au sujet des effets des ions hydrogène sur les organismes aquatiques
- mettent sur pied des réseaux permanents en vue de contrôler les propriétés chimiques des précipitations
- élaborent des critères et créent des réseaux pour contrôler le débit ainsi que les paramètres chimiques et biologiques des systèmes d'eau douce
- réalisent des études approfondies sur les relations hydrologiques, chimiques et biologiques entre les systèmes aquatiques et une petite ou forte accrétion d'acides, de métaux lourds et d'ions d'éléments nutritifs dans les précipitations
- déterminent des sites en vue de mener des expériences sur les bassins versants des lacs et des cours d'eau.

La plupart de ces recommandations ont été mises en oeuvre dans différentes parties du monde où se manifeste le problème des dépôts acides, y compris dans les tropiques et l'hémisphère sud. Il est difficile de cerner avec précision les raisons à l'origine de certaines initiatives, mais on peut être sûr du rôle capital des travaux effectués en Europe, du dévouement de quelques scientifiques canadiens et américains ainsi que du colloque de l'Ohio. Je me bornerai pour ma part aux recherches scientifiques poursuivies en Amérique du Nord et à la manière dont elles ont contribué à l'élaboration des politiques. Beaucoup de travaux ont été accomplis en Scandinavie, en particulier en Suède et en Norvège, mais ils ne sont pas mentionnés ici.

Des réseaux de contrôle des précipitations ont maintenant vu le jour. En 1972, le problème de la pollution atmosphérique en Europe a attiré l'attention du public quand l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a lancé son Programme sur le transport des polluants atmosphériques sur de grandes distances (TPAGD) auquel le Canada devait participer. Le Réseau canadien d'échantillonnage des précipitations (CANSAP), qui a débuté ses activités en 1976, exploite 50 stations de prélèvement au Canada. Selon Whelpdale (annexe A), CANSAP est né de la sensibilisation du public au problème des dépôts acides, principalement grâce aux avertissements précoces du réseau de contrôle de la pollution atmosphérique de fond (BAPMON) de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), dont les activités ont débuté en 1972.

De même, les Etats-Unis en sont venus à mettre sur pied un National Atmospheric Deposition Program (NADP), principalement grâce aux efforts déployés par deux scientifiques, Cowling et Likens (Whelpdale, annexe A). Le colloque de l'Ohio de 1975 a donné l'élan à ces différents développements.

Les techniques d'échantillonnage et d'analyse n'ont cessé d'évoluer et de s'améliorer au cours des 12 dernières années, ce qui a parfois compliqué la comparaison des données d'une année à l'autre. Ainsi, on a élaboré des modèles théoriques du transport des polluants dans l'atmosphère, dont le modèle des dépôts acides et des oxydants (ADOM) conjointement parrainé par le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) d'Environnement Canada, le ministère de l'Environnement de l'Ontario (MEO) et la République fédérale allemande, et le modèle régional de dépôts acides (RADM), conçu par la University Corporation for Atmospheric Research (UCAR) du Colorado et financé par l'Environmental Protection Agency (EPA) des Etats-Unis. Il s'agit là de deux modèles eulériens complexes qui font appel à de gros ordinateurs ultra-perfectionnés. Les modèles linéaires primitifs servent encore, mais aucun modèle existant n'offre d'estimation

fiable sur la distribution des précipitations acides dans le temps et l'espace, et encore moins celle des contaminants à l'état de traces. En 1983, le Atmospheric Transport Committee soulignait que les modèles existants n'étaient pas assez fiables pour qu'on en recommande l'emploi en vue de la prise de décisions sur les stratégies de lutte[17].

Face aux autres recommandations formulées à l'atelier de l'Ohio de 1975, on a appliqué l'approche du "bassin jaugé" à six endroits au moins au Canada. Cette approche exige que l'on mesure les apports, la restitution et la rétention de produits chimiques dans un lac et son bassin. Un contrôle à long terme minutieux du bilan chimique et la collecte de données biologiques à ces endroits, sélectionnés pour représenter respectivement des régions gravement touchées et d'autres moins menacées par les précipitations acides, devraient s'avérer d'une valeur inestimable. Toutefois, ce n'est que tout récemment que l'on a commencé à recueillir des données raisonnablement fiables sur les traces de métaux et il n'existe pas de technique courante pour doser les composés organiques présents à l'état de traces dans l'air, les précipitations ou les systèmes récepteurs. Cette situation est attribuable à des limites techniques et à des considérations d'ordre économique, plutôt qu'à de véritables raisons scientifiques. Un rapport récent sur les Grands Lacs[18] soulignait que 80 p. 100 des BPC qui polluent le lac Supérieur viennent de l'atmosphère. Par la suite, de nouvelles données, présentées à l'atelier de 1986 de la Commission mixte internationale (CMI)[19], ont prouvé la nécessité d'un contrôle rigoureux des traces de contaminants dans les précipitations.

Les participants à l'atelier de l'Ohio avaient également recommandé qu'on procède à des expériences sur des systèmes complets. La manipulation expérimentale de tout un écosystème, un lac par exemple, peut donner un aperçu des effets de l'acidification sur l'écologie tout à fait différent de celui issu des expériences menées en laboratoire. On a donc acidifié artificiellement des lacs entiers. Ces travaux se poursuivent au Canada et on en a entrepris de similaires plus récemment aux Etats-Unis[20].

Depuis 1975, la réaction de la collectivité scientifique et des organismes de financement de Scandinavie, du continent européen, du Royaume-Uni, des Etats-Unis et du Canada peut carrément être qualifiée de remarquable. Le deuxième colloque international sur les incidences écologiques des précipitations acides a eu lieu en 1980 en Norvège. Cinq ans plus tard, en 1985, se déroulait la conférence internationale de Muskoka, au Canada[21]. Outre les comptes rendus de ces importantes réunions, plusieurs documents majeurs ont été réalisés en Amérique du Nord, parmi lesquels le rapport atmosphère-biosphère (A-B) de 1981[22], qui a lancé les débats sur la question de la "charge prévue". Le rapport A-B indiquait que le pH des précipitations ne devrait pas tomber en-dessous de 4,6-4,7, ce qui exigerait des dépôts d'ions hydrogène moitié moins importants. Cette conclusion a été mal interprétée par la presse qui y a vu un appel pour une réduction de 50 p. 100 des émissions. De fait, le rapport ne précisait pas dans quelle mesure les émissions devaient être réduites pour permettre la réalisation de cet objectif. Cette confusion a débouché sur la création du Committee on Atmospheric Transport and Chemical Transformation in Acid Precipitation qui, en 1983, publiait un document dans lequel on faisait le point des connaissances scientifiques sur les mécanismes atmosphériques dans l'est de l'Amérique du Nord[23].

Outre le rapport A-B, l'année 1981 devait être marquée par la remise du rapport du Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement du Canada, intitulé "Acidification dans l'environnement aquatique au Canada"[24]. Cette publication s'insère dans la série d'études scientifiques indépendantes sur les critères applicables à l'environnement du Conseil national de recherches, série à laquelle on a dû mettre un terme faute de fonds. La même année, on a également rendu publics les rapports préliminaires du protocole d'entente entre le Canada et les Etats-Unis dont la version définitive a été

présentée en 1983. Ces documents ont été rédigés par des groupes de travail du gouvernement, conformément à une exigence du Mémorandum déclaratif d'intention concernant la pollution atmosphérique transfrontière ratifié par le Canada et les Etats-Unis en août 1980. Malheureusement, ces documents ne semblent avoir guère eu d'influence sur le plan politique ni même sur d'autres plans, bien que les deux pays aient également publié l'analyse de ces rapports effectuée par des pairs. Il est difficile de mesurer l'incidence d'un tel travail dont l'existence suffit peut-être à elle seule pour exercer une influence ou intensifier les efforts.

Toujours en 1981, naissait la Canadian Coalition on Acid Rain, un groupe de pression financé à l'échelon national. Ce groupe existe encore, mais lors d'une récente entrevue[25], Hurley déclarait qu'il avait largement accompli ce pourquoi il avait été institué. Il est certain que les gouvernements de l'Ontario et du Québec ont commencé à appliquer des règlements pour réduire les émissions d'oxydes de soufre (annexe C) et que celui du Manitoba devrait leur emboîter le pas. La situation est totalement différente aux Etats-Unis, où l'on n'a encore assisté à aucun changement majeur dans la réglementation et où le gouvernement continue de financer la recherche plutôt que de légiférer ou même de recommander le contrôle des émissions, sous prétexte qu'il manque d'information pour justifier un tel contrôle. La "coalition" canadienne avait l'avantage de transmettre un message clair et d'avoir profité d'une publicité importante dans les médias.

En 1981, il était de plus en plus évident que les précipitations renfermaient d'autres contaminants que les précurseurs acides. Le moment était donc idéal pour lancer une nouvelle campagne de sensibilisation sur le concept de "pluie polluée" auprès de la population.

La bataille politique en vue de faire admettre la nécessité d'un contrôle des émissions atmosphériques de part et d'autre de la frontière canado-américaine semble avoir été l'un des facteurs à l'origine d'une enquête récente sur les tendances relatives aux dépôts acides, menée par le National Research Council des Etats-Unis[26]. Le rapport de 1986 du NRC, connu sous le nom de Trend Assessment Study, souligne qu'on peut difficilement "prouver" une hausse du degré d'acidité et de pollution des précipitations au cours des dernières décennies, en l'absence de données historiques utilisables aux fins de comparaison. Le rapport mentionne d'autres théories qui ont été avancées, faute de données historiques, pour expliquer les effets chimiques et biologiques observés, ceci afin de ne laisser de côté aucun des liens qui pourraient exister entre le dépôt des produits chimiques véhiculés dans l'atmosphère et sa nocivité pour l'environnement[27]. Cette étude s'est intéressée aux tendances relatives aux émissions d'oxydes de soufre et d'azote, à la chimie des précipitations, à la présence de sulfates dans l'atmosphère et à la transparence de l'air, à la chimie des eaux de surface, aux propriétés chimiques des sédiments et aux résidus de diatomées, à la population de poissons, et aux couches d'accroissement annuel des arbres.

Depuis la ratification du protocole d'entente, on a fait le point des progrès réalisés dans la recherche sur les pluies acides au Canada et aux Etats-Unis. Le Comité fédéral-provincial de coordination et de recherche sur la surveillance des pluies acides (CCRS) et le personnel du National Acid Precipitation Assessment Program (NAPAP) des Etats-Unis ont entrepris cet exercice en 1984. Deux ans plus tard, le CCRS publiait un rapport dans lequel on trouve de nouveaux renseignements capitaux issus de la "conférence de Muskoka" de 1985[28]. Certaines conclusions du rapport concernent les systèmes aquatiques.

1. La baisse du flux de soufre dans certains systèmes aquatiques observée depuis le milieu des années 1970 a été associée à une hausse du pH et de l'alcalinité des eaux de surface. On assiste donc à un certain rééquilibrage des propriétés chimiques de l'eau.
2. Les eaux souterraines peu profondes semblent s'acidifier et contenir plus de sulfates. Il s'agit du premier signe de ce phénomène au Canada.

3. Certains modèles qui relient le dépôt des polluants atmosphériques à la modification chimique du milieu aquatique ont été validés à l'échelle des bassins versants, pour de courtes périodes. On est parvenu à simuler des problèmes sporadiques avec précision, mais on a eu moins de succès avec les simulations à long terme.
4. La disparition progressive des poissons n'a été clairement prouvée que dans quelques régions du Canada, bien que les études spatiales indiquent qu'il existe une corrélation entre la raréfaction des espèces et la baisse du pH. Récemment, on a prouvé que le repeuplement de certaines étendues d'eau coincidait avec une réduction des dépôts de sulfates et une amélioration de la qualité des eaux lacustres, signes d'un rétablissement biologique.
5. De nombreux organismes aquatiques autres que les poissons présentent des symptômes d'intoxication et on assiste à l'amenuisement de leur population à mesure que l'acidité et la concentration d'aluminium augmentent. Parmi ces organismes, il faut mentionner les algues, le zooplancton, les amphibiens et la sauvagine.
6. La réaction à une réduction de la pollution acide semble assez rapide (années au lieu de décennies), mais on manque de données quantitatives précises sur le taux de réponse au niveau chimique. Du côté biologique, la rapidité de la réaction reste "assez mal définie", mais de toute évidence, un rétablissement est impossible après l'extinction de l'espèce.
7. On continue de faire des recherches sur les conséquences potentielles des mesures d'atténuation.
8. Des "enquêtes restreintes sur les eaux de surface" fixent le nombre de lacs canadiens acidifiés (pH de 5,0 ou moins) autour de 14 000. Puisque les sulfates humides se déposent à raison d'un taux annuel de 20 mg/ha, un simple calcul laisse prévoir l'acidification de 10 000 à 40 000 lacs de plus.
9. Les modèles applicables à la "charge prévue" semblent indiquer qu'une réduction des émissions totales de sulfate au taux annuel de 12 mg/ha pourrait s'avérer nécessaire si l'on veut empêcher la détérioration des lacs et des rivières très, voire modérément, fragiles.

Approches à la recherche sur les contaminants atmosphériques et les systèmes aquatiques

Plusieurs approches ont déjà été mentionnées dans la section qui précède. Bien que l'on fasse une distinction entre la recherche et les mesures permanentes de contrôle ou de gestion, nombreux sont ceux pour qui une telle distinction est aussi futile que trompeuse. Je m'en servirai ici pour plus de commodité, mais j'examinerai les techniques de surveillance comme instrument de recherche au chapitre 4.

Les premières recherches sur les contaminants atmosphériques et les systèmes aquatiques étaient de nature descriptive ou empirique et consistaient en enquêtes saisonnières ou synoptiques sur les paramètres chimiques et biologiques relatifs à l'acidification des lacs. La phase de documentation sur la portée des effets qu'un faible pH et les variables qui y sont corrélées peuvent avoir sur les biotes est pratiquement terminée. Toutefois, on continue de mal comprendre les mécanismes en cause et il faut maintenant entreprendre d'autres genres de recherches.

Le document de 1986 du National Research Council américain[29] examinait les tendances dans le temps. Il est rare que l'on ait accès à des séries de mesures temporelles et celles-ci ne sont habituellement pas d'assez bonne qualité ou manquent de cohérence pour être utiles, non seulement en raison des progrès techniques réalisés dans les méthodes de mesure, mais aussi parce que les scientifiques ont acquis plus d'expérience. Ainsi, les appareils couramment utilisés pour doser la concentration d'ions hydrogène ne permettaient pas, il y a à peine 30 ans, de mesurer le pH des eaux douces à faible conductance (diluées). Il fallait pour cela recourir à des techniques de colorimétrie à portée très limitée. De plus, en étudiant la chimie des eaux acides, les scientifiques ont perfectionné leurs techniques d'échantillonnage et de stockage et connaissent maintenant mieux les sources d'erreur possibles.

Les méthodes indirectes de paléoécologie, où l'on procède à la reconstruction historique des sédiments lacustres, des couches

d'accroissement annuel des arbres, des calottes de glace et de neige éternelles ou du matériel végétal transformé en tourbe sont plus courantes et utiles que la plupart des séries de données historiques. Même les anecdotes et les renseignements glanés dans les dossiers gardés par des enthousiastes ne doivent pas être négligés. La destruction de la faune aquatique en Norvège a toujours été documentée par des profanes qui gardaient un dossier sur les prises annuelles de poissons.

Une autre approche envisageable est l'expérimentation. La mise au point, la répétition et la reproductibilité d'une expérience sont autant de facteurs à considérer. Face à la complexité des mécanismes physiques et chimiques et des réactions biologiques relatifs à l'acidification, les expériences à grande échelle sont plus réalistes que celles menées en laboratoire. Toutefois, elles ne sont pas toujours pratiques sur les plans économique et logistique. Les expériences sur l'acidification des systèmes aquatiques vont de simples dosages biologiques en laboratoire, où l'on mesure la réaction aigue à l'acidité, à la manipulation de microcosmes (écosystèmes modèles), de limnocorrals (enclos ou colonnes dans les lacs) ou de lacs entiers, en passant par des épreuves périodiques[30]. Les résultats tirés de l'acidification de lacs entiers s'avèrent d'une importance inestimable pour l'accroissement de nos connaissances, en particulier sur la réaction au niveau des communautés et de l'ensemble du système, et ils nous donnent une idée de la façon dont fonctionnent les écosystèmes aquatiques. Les manipulations à grande échelle se montrent également prometteuses pour ce qui est de prévoir la réversibilité de l'acidification des eaux de surface ou les possibilités d'atténuer le problème. Cet aspect est examiné plus en détail au chapitre 3. Les expériences de laboratoire, plus simples, ont plus tendance à illustrer la réaction physiologique des organismes qu'à prédire les effets de l'acidification intégrale d'un système.

On s'est également intéressé de très près aux modèles de simulation -- en allant des plus simples, à une seule population, aux représentations complexes de la circulation des composantes atmosphériques autour du globe. L'un des principaux buts pratiques de ces modèles est de faciliter les prévisions. Malgré leurs limites et la simplification qu'ils impliquent, les modèles ne sont pas dépourvus d'utilité, en particulier quand les expériences à grande échelle demandent trop de temps ou d'argent ou sont techniquement irréalisables. Les modèles s'avèrent particulièrement utiles pour les études sur le transport et la transformation des polluants dans l'atmosphère. Leurs limites sont examinées dans divers rapports et études, y compris le rapport Calvert[31].

Recherche sur le contrôle et la gestion

Il est essentiel de mettre sur pied des réseaux de contrôle de bonne qualité à tous les niveaux, de la source de pollution aux récepteurs, afin de cerner les problèmes et de constituer des bases de données qui serviront à améliorer la capacité de prévision des modèles. Jusqu'à présent, la plupart des méthodes de contrôle courantes concernaient les composantes chimiques, en particulier les principaux anions et cations (sulfates, calcium, magnésium, hydrogène et autres). Une fois intégrées, comme c'est le cas dans l'approche du bassin jaugé (où différents paramètres sont contrôlés simultanément selon un plan bien établi et où les mesures se poursuivent continuellement), les données de contrôle ne sont plus uniquement descriptives et peuvent servir à des exercices de mécanique et de modélisation.

Avec les contrôles biologiques, on se fie à la réaction des organismes vivants pour déceler les changements dans l'environnement. La réaction peut se situer sur n'importe quel plan, que ce soit au niveau biochimique ou à celui de la population ou de la communauté. Un bon exemple est celui des diatomées. On se sert de cet organisme pour analyser les tendances chronologiques car il est sensible aux variations du degré d'acidité. Le contrôle biologique idéal devrait permettre un avertissement rapide; il ne devrait pas s'agir d'une espèce "importante" du point de vue de l'exploitation, ni d'une espèce essentielle à l'écosystème.

Encore plus fondamentale est la nécessité de dresser un inventaire des ressources hydriques et des propriétés chimiques des eaux de surface. Aux Etats-Unis, diverses régions feront l'objet d'enquêtes nationales sur les eaux de surface. Il s'agira principalement d'établir la sensibilité des eaux de surface à l'acidification sur une grille d'assez petite échelle, après quoi on procédera à un inventaire des organismes vivants. Dans ce dernier cas, la méthode d'échantillonnage soulève de grandes difficultés. En effet, même si l'argent n'entrait pas en ligne de compte, les biologistes ne s'entendent pas sur la technique d'échantillonnage, la méthode de mesure et l'indicateur qui conviendraient le mieux. Les résultats de l'enquête américaine subiront plusieurs vérifications par des spécialistes indépendants et devraient constituer le nec plus ultra en la matière. Ainsi, on a tracé des cartes indiquant la sensibilité des eaux de surface des principales régions du pays et incorporant des données sur la géologie et la chimie de l'eau.

Au Canada, les provinces ont tenté de dresser un inventaire similaire chacune de leur côté. La méthode de classification des lacs selon cinq degrés de sensibilité adoptée par l'Ontario[32] a pour avantages évidents sa simplicité et sa facilité de compréhension pour la population.

Parmi les autres instruments de gestion, il faut mentionner l'application des résultats issus des manipulations ou des expériences. De fait, la raison à l'origine d'une manipulation est souvent de tester une stratégie de gestion. La neutralisation des eaux acides par addition d'un produit chimique (chaulage), dont il est question au chapitre 3, en est un bon exemple.

3. NEUTRALISATION DES EAUX DE SURFACE ACIDES : FAUT-IL CHAULER?

Contexte

Beaucoup de lacs et de rivières de l'est de l'Amérique du Nord sont acidifiés ou agressés par la pollution acide[33]. Dans certains cas, on soupçonne ou on sait que le problème a pour origine les dépôts acides. La réduction des émissions de soufre et d'azote a été suggérée comme solution au problème de l'accumulation d'acide. Techniquement, il est possible d'extraire les oxydes de soufre des gaz libérés par les cheminées. On pourrait aussi se servir de charbon à faible concentration de soufre ou retirer le soufre des minerais avant de les fondre. Toutes ces solutions entraîneraient une hausse des coûts de production, du moins à court terme. Les prévisions quantitatives concernant la réaction des biotes récepteurs à une réduction des émissions sont plutôt incertaines. Des mesures d'atténuation générales ne constituent pas une solution acceptable et il est peu probable que le gouvernement américain retienne cette solution avant longtemps. Les gouvernements de l'Ontario et du Québec ont commencé à introduire des règlements en vue de réduire les émissions de soufre des principales sources de pollution stationnaires (fonderies et centrales électriques utilisant le charbon). Le Manitoba est sur le point de s'engager dans une voie similaire[34]. Le Canada a emboîté le pas aux Etats-Unis et introduit progressivement des mesures visant à contrôler les émissions des véhicules automobiles, ce qui entraînera une baisse de la quantité d'oxydes d'azote libérée dans l'atmosphère. Les centrales thermo-électriques qui utilisent le charbon continuent d'émettre des oxydes d'azote, et les techniques susceptibles d'éliminer ces émissions sont moins perfectionnées que celles destinées à éliminer les oxydes de soufre[35].

Faute d'une réduction immédiate des émissions, l'alternative consiste à neutraliser les eaux touchées avec un produit chimique (chaulage).

Le chaulage contemporain

L'addition de substances alcalines aux systèmes aquatiques pour en neutraliser l'acidité n'est pas une idée neuve. Les eaux non productives et acides existent dans la nature, et depuis des siècles, en Europe et en Amérique du Nord, on verse de la chaux agricole dans les petits étangs pour en accroître la productivité. Depuis les années 1920, les Norvégiens se servent de filtres à chaux, avec beaucoup de succès, pour accroître le pH de l'eau des bassins piscicoles[36].

La Suède a été la première à traiter chimiquement des lacs pour lutter contre les dépôts acides. Le gouvernement suédois a encouragé et financé le chaulage des lacs connaissant un problème d'acidité dès la fin des années 1960, avant d'étendre le programme au traitement de 1 500 lacs par année en 1975-1976. Des entreprises commerciales de Suède (notamment des cimenteries) diffusent maintenant des brochures qui vantent l'efficacité de leur produit comme neutralisant. La Suède a commencé à chauler pour protéger ses pêches et améliorer les conditions propices à un repeuplement des eaux. Selon Hasselrot et Hultberg, les poissons ont commencé à se reproduire et la population s'est redressée peu après le traitement aux endroits où les propriétés chimiques de l'eau étaient acceptables[37]. Toutefois, ces auteurs ne précisent pas ce qu'ils entendent par "propriétés chimiques acceptables"[38]. Parmi les autres objectifs poursuivis par les Suédois au cours des années 1970, il faut mentionner l'évaluation de programmes et de techniques de chaulage pour divers écosystèmes aquatiques. La Suède s'était engagée à chauler 20 000 plans d'eau avant la fin de 1986.

Dans l'Etat de New York, on a très vite ajouté de la chaux à des étangs tourbeux (naturellement acides). Ces tentatives n'ont généralement connu qu'un succès éphémère avec l'emploi d'hydroxyde de calcium (chaux

hydratée). Plus récemment, dans cet Etat, on s'est servi d'un mélange d'hydroxyde de calcium et de carbonate de calcium ou de sodium dans de petits lacs. La neutralisation est plus efficace dans les lacs à faible taux de renouvellement ou les lacs sans tributaires. La politique de l'Etat de New York consiste à poursuivre le chaulage dans un nombre restreint de lacs durant les années 1980, de manière à préserver des ressources aquatiques uniques ou de grande valeur[39].

Au Canada, quatre lacs situés à proximité des fonderies de Sudbury ont été utilisés dans une série d'expériences de neutralisation et de fertilisation au début des années 1970[40]. Plusieurs autres lacs sont venus s'ajouter au programme pendant la dernière moitié de la même décennie[41]. Ces lacs étaient très acides et leur pH pouvait aller jusqu'à 4,5. Ils étaient également pollués par des métaux, en particulier du cuivre et du nickel, provenant des émissions des aciéries de Sudbury[42]. S'il avait fallu choisir un "cas extrême", cette région aurait sans doute été parmi les premières. L'addition d'hydroxyde de calcium et(ou) de carbonate de calcium a entraîné une hausse du pH, de l'alcalinité et de la dureté de l'eau mais aussi une baisse de la concentration des métaux dissous qui, sans doute rendus moins solubles, ont précipité pour rejoindre les sédiments. Ces études ont généré une somme considérable de données dont certaines ont été appliquées à des cas moins extrêmes d'acidification d'eaux lacustres résultant du transport des polluants atmosphériques sur de grandes distances. On s'en est d'ailleurs servi lors d'études récentes. Dans les expériences de Sudbury couvrant un lac entier, les poissons réintroduits après le chaulage n'ont pas survécu, mais cet échec résultait presque à coup sûr de la toxicité attribuable aux résidus de cuivre[43], plutôt qu'à la faiblesse du pH.

L'Ontario a effectué d'autres tentatives en vue de mettre les poissons à l'abri de l'acidité en 1979[44]. L'approche retenue par Gunn et Keller pour leurs expériences consistait à protéger les oeufs de poisson au dégel, lorsque la fonte des neiges a tendance à irriguer les frayères d'eau acide. L'addition de poudre de calcaire n'a connu qu'un succès mitigé pour la truite arc-en-ciel, mais la truite de rivière et la truite fardée, moins sensibles, ont bénéficié d'un meilleur taux de survie des oeufs et du frai.

Les rivières à saumon de la Nouvelle-Ecosse se sont acidifiées et les zones où l'on pêche cette espèce sont en voie de détérioration, si ce n'est déjà fait. Watt a suggéré quelques approches originales au chaulage dans cette partie du Canada et a démontré leurs chances de succès[45]. Ainsi, on pourrait répandre le produit neutralisant sur la neige qui alimentera les frayères au moment de la fonte, un moment crucial en ce qui concerne la charge chimique et le cycle biologique du poisson.

Chaque approche doit être adaptée au site et peut exiger des préparatifs considérables. Le chaulage, s'il est techniquement réalisable, n'est pas une activité commerciale courante au Canada. Des études méticuleuses se poursuivent en vue d'en évaluer le pronostic à court et à long termes.

Techniques de neutralisation et chances de succès

La technique d'application, la forme chimique du produit neutralisant ainsi que le moment et la fréquence des applications varient. Bien que des considérations d'ordre économique puissent faire pencher la balance de l'un ou l'autre côté, les méthodes retenues doivent évidemment être "efficaces", c'est-à-dire rétablir l'équilibre chimique de façon à ce qu'il permette la survie des biotes désirés. En pratique, cela se résume à protéger les poissons. Sur le plan scientifique cependant, d'autres étages de la biocénose et d'autres niveaux trophiques doivent être examinés. En effet, des formes de vie plus simples comme les bactéries, les algues et les invertébrés réagissent souvent plus vite aux bouleversements chimiques et peuvent servir de signal d'alarme quant aux risques courus par les poissons. Ces organismes ne sont pas seulement utiles comme indicateur ou contrôle : ils font partie intégrante de l'écosystème. Ainsi, un changement dans le taux de décomposition par les bactéries, dans la production primaire ou dans la diversité des espèces qui servent

de nourriture aux poissons peut affecter la population de ces derniers. Par conséquent, la méthode utilisée pour évaluer les besoins de chaulage ne doit pas seulement couvrir la possibilité d'une amélioration des ressources halieutiques.

L'application d'une grande quantité de produit neutralisant à l'eau des lacs dépend initialement de l'accessibilité de ces derniers. Une application par camion ou par bateau ne s'avère guère appropriée que lorsque l'étendue d'eau est accessible par la route. Pour les régions plus éloignées, la seule solution reste l'avion. L'addition directe du produit aux eaux de surface demeure l'approche la plus courante. Toutefois, cette méthode donne de meilleurs résultats dans les lacs où l'eau prend beaucoup de temps à se renouveler. L'addition de chaux aux cours d'eau qui alimentent les lacs est une autre possibilité. A long terme, la meilleure méthode consiste à chauler le bassin versant. Cela assure non seulement un apport durable de produit neutralisant, mais protège l'écosystème terrestre contre les effets de l'acidification. La principale objection à cette approche est son coût extrêmement élevé. Le traitement de zones restreintes comme les frayères protège les oeufs ou les alevins à la fonte des neiges, mais n'a guère d'effet sur le reste du système. On peut utiliser ce traitement seul quand le système n'est pas acidifié dans son ensemble, ou le combiner à la neutralisation des eaux lacustres, car il offre une protection supplémentaire aux poissons à cette étape cruciale de leur vie.

On recourt à des techniques différentes dans les rivières, où l'apport d'agents neutralisants doit être constant. Théoriquement, l'addition de chaux au lit du cours d'eau devrait assurer une libération lente du produit. Cependant, les matériaux peuvent être charriés en aval par le courant. De plus, la chaux se recouvre vite de matière organique et de sels métalliques. Quand le débit est assez faible, l'addition de calcaire au lit du cours d'eau donne de très bons résultats, mais cette méthode perd de son efficacité dès qu'il augmente. On a mis au point des techniques pour ajouter de la chaux mécaniquement et automatiquement aux cours d'eau, en l'occurrence à partir de silos. Une autre façon consiste à détourner le cours d'eau à travers un conteneur qui renferme un neutralisant comme du carbonate de calcium. De toute évidence, le coût du traitement augmente avec la complexité de la méthode.

Le produit neutralisant le plus couramment utilisé est le carbonate de calcium ($CaCO_3$) naturel ou calcite. D'autres possibilités comprennent la chaux à dolomite, c'est-à-dire le carbonate de magnésium et de calcium, l'hydroxyde de calcium ou l'oxyde de calcium. La calcite est vendue dans le commerce sous différentes granulométries. Il s'agit d'un produit relativement pur et peu coûteux, non caustique. Contrairement à l'hydroxyde de calcium, son addition n'entraîne pas une hausse rapide ni très élevée du pH[46]. Son principal inconvénient est sa faible solubilité.

L'Electric Power Research Institute est parvenu à la conclusion inéluctable qu'il est impossible de prévoir complètement les réactions biologiques au chaulage[47]. Cela résulte en partie du fait que le pH initial de l'eau exerce une grande influence sur les effets du chaulage, tout comme la chimie de l'eau et la morphométrie. En d'autres termes, un chaulage à grande échelle, sans recherches préliminaires, est un jeu très risqué. Les recherches préliminaires sont coûteuses, mais elles restent un pré-requis au chaulage qui, si on l'entreprend, ne devrait pas naître des pressions exercées par la population, mais reposer autant sur des facteurs scientifiques que sur des considérations économiques. De nombreux chercheurs pensent qu'il est heureux que l'on n'ait pas encore entrepris le chaulage à grande échelle au Canada.

Le programme de chaulage ontarien

En 1981 débutait une étude de faisabilité sur le chaulage d'un lac acide (où toute possibilité de pêcher la truite avait disparu) et dans un lac agressé par la pollution acide (où vivaient encore des truites mais où les eaux commençaient à s'acidifier) dans le cadre du projet de recherche sur les précipitations acides de

l'Ontario (APIOS), placé sous l'égide des ministères ontariens de l'Environnement et des Richesses naturelles. Le but de l'étude consistait à évaluer l'importance du chaulage dans la gestion des lacs en voie d'acidification[48], étant donné qu'il est impossible de recourir à la neutralisation pour protéger la totalité ou la majorité des lacs ontariens menacés par les précipitations acides[49]. Elle se proposait d'examiner a) les mesures d'atténuation provisoires, b) la possibilité de préserver le matériel génétique (par exemple, les poissons) et c) la façon de répondre aux pressions exercées par un public exigeant "que l'on fasse quelque chose".

Les premières phases de l'étude, qui a débuté en 1981, comprenaient la sélection méticuleuse de deux lacs et la collecte des données de base[50]. En général, les résultats sont encourageants. Le lac acide, le lac Bowland, a été chaulé et son pH est passé de 5,0 à plus de 6,5, ce qui a permis un meilleur taux de survie de la population de perchaudes. Le dosage biologique du frai effectué à la fonte des neiges, au printemps, devait par ailleurs révéler un meilleur taux de survie de la truite fardée. D'autres paramètres chimiques, comme la concentration d'aluminium, se sont également améliorés. Le chaulage du lac n'a toutefois pas protégé les eaux peu profondes, près du rivage, sous la glace, du fort apport d'eaux acides qui survient à la fonte. Les amas d'algues, caractéristiques aux lacs agressés par la pollution acide, ont commencé à régresser dans le lac Bowland. Par ailleurs, le lac en voie d'acidification, le lac Trout, a vu son pH passer de 6,0 à 6,5 grâce au chaulage et les dosages biologiques effectués à la fonte des neiges printanière a donné des résultats similaires à ceux du lac Bowland, bien que légèrement plus irréguliers, la population de poissons n'ayant pas réagi sensiblement au chaulage. Enfin, on a comparé le chaulage des eaux peu profondes au chaulage complet dans un troisième lac dont la chimie se situait à mi-chemin entre celle des deux lacs précédents.

En résumé, les nouvelles recherches sur le chaulage entreprises en Ontario ont donné beaucoup de résultats positifs et seulement quelques effets secondaires. Booth et ses collaborateurs soulignent néanmoins que le chaulage d'un lac entier ne protège pas nécessairement les eaux peu profondes adjacentes à la rive, où se regroupent les alevins de truite à la fonte printanière[51]. Cette étude de cinq ans est terminée, mais on continue d'en interpréter et d'en publier les résultats. L'APIOS parraine maintenant d'autres recherches sur le chaulage.

L'avis des experts

En 1982, Wright a publié un bulletin intitulé "The Ethics of Liming"[52]. Dans ce document, il trace une analogie avec l'eutrophisation phosphorique, où la baisse de la concentration de phosphore entraîne souvent une rapide amélioration de la qualité de l'eau. Dans certains cas cependant, souligne l'auteur, la concentration réduite de phosphore ne produit pas l'effet prévu. Tout comme le phosphore résiduel est une source de pollution interne dans les lacs eutrophiques, Wright pense qu'il pourrait exister des sources résiduelles de sulfate. Celui-ci se libérerait des sédiments et retarderait le rétablissement du lac, même après l'introduction de mesures de contrôle des émissions et donc de l'accumulation de soufre. Bref, selon lui, le problème de l'acidification ne peut être résolu simplement par la réduction des émissions atmosphériques. En outre, les scientifiques ne peuvent dire exactement dans quelle mesure il faudrait réduire les émissions pour enregistrer une baisse précise de l'acidité des eaux réceptrices. Ces incertitudes ont d'ailleurs été invoquées pour expliquer l'adoption tardive de règlements anti-pollution.

Elles ont d'autres conséquences. Puisque le contrôle des émissions peut ne pas déboucher sur un rétablissement général de la situation, d'autres méthodes de traitement peuvent s'avérer justifiées. Les premières tentatives, comme les expériences menées à Sudbury au début des années 1970 et quelques essais suédois, ont montré que le chaulage est vite suivi par une réacidification[53]. Selon Wright, le traitement du symptôme par le chaulage et celui de la cause par la réduction des émissions ne s'excluent pas mutuellement. Il pense cependant qu'on ne

devrait pas poursuivre le chaulage au détriment des efforts déployés en vue de régler ce grave problème environnemental.

Lors de mes entretiens avec divers professionnels canadiens qu'intéresse l'acidification des eaux de surface, l'opinion variait peu en ce qui concerne le chaulage. Brydges[54] a précisé que les pressions exercées par le public ont incité le gouvernement de l'Ontario à entreprendre des recherches sur le chaulage des lacs, ou du moins à prendre plus rapidement une décision. Le Québec a lui aussi lancé un programme de chaulage[55], dont on ignore encore les résultats. On prétend que chauler coûte moins cher qu'introduire des mesures de dépollution, mais Brydges est convaincu que l'on peut procéder au chaulage sans que cela interfère avec la lutte contre la pollution; plus précisément, il ne pense pas que le programme de chaulage de l'Ontario nuira aux efforts déployés aux Etats-Unis pour combattre la pollution.

Contrairement à Brydges, Grima (annexe A) pense que le chaulage peut assoupir la population et masquer la nécessité de l'élaboration de techniques de "dépollution". Selon lui, le chaulage est une expérience valable mais ne constitue pas la réponse adéquate à la pollution par le dioxyde de soufre.

Lors d'un entretien plus récent (annexe A), Brydges a cité en exemple la Suède où le chaulage est la "seule solution" possible et est préférable à la disparition des poissons dans les lacs et les rivières, tant que des mesures internationales n'auront pas été adoptées. Il souligne également la réaction favorable de la population locale aux expériences sur le chaulage entreprises en Ontario, comparativement à ce qui s'était passé à Sudbury au début des années 1970 (la population s'était opposée à un traitement symptomatique). De son côté, Whelpdale (annexe A) craint qu'un programme de chaulage efficace donne l'impression trompeuse que l'on a trouvé une solution au problème.

Elder (annexe A) estime lui aussi que le chaulage ne peut remplacer le contrôle des émissions de gaz acidifiants. Une des raisons pour cela est l'immense réservoir d'eaux sensibles du Canada et l'éloignement des plans d'eau, qui interdit tout simplement un programme de chaulage extensif. Whelpdale (annexe A) s'inquiète également de l'étendue du problème et ajoute qu'il pourrait être nécessaire de chauler fréquemment et périodiquement, de telle manière que cette technique n'est valable qu'à très petite échelle.

La plupart des experts semblent s'entendre pour dire qu'avec un peu de soins, le chaulage peut techniquement réussir. Mais que signifierait une telle réussite? Le chaulage ne rétablit pas automatiquement les conditions originales d'un lac. De plus, les organisations halieutiques, en particulier celles de l'Ontario, n'appuient pas ce type de programme car la modification de l'habitat des poissons est contraire à leurs politiques de gestion des ressources (Brydges, annexe A).

Keating (annexe A) est d'accord sur le fait que l'on pourrait bien devoir chauler les lacs et les cours d'eau pour protéger la population de poissons à court terme, même si l'on adoptait les mesures de contrôle de la pollution les plus rapides imaginables. Le moment critique pour cela devrait se situer entre 1990 et 1995 (ministère de l'Environnement de l'Ontario, Brydges, Keating).

4. LE POINT SUR LES RECHERCHES ET LES POLITIQUES RELATIVES AUX EAUX

Méthodes de documentation

Au début de 1987, dans le cadre de l'étude du Conseil des sciences intitulée "Politique relative aux eaux : Vers l'an 2020", j'ai interrogé des spécialistes de l'eau, plus particulièrement dans le domaine de la recherche et des politiques en matière de pluies acides (annexe A). Pour dresser une liste de questions (annexe B), j'ai compulsé les documents sur l'exploitation et la gestion des eaux préparés pour l'atelier de novembre 1986 du Conseil des sciences. L'annexe A donne également le nom des personnes qui m'ont aidée (peut-être à leur insu) par leurs commentaires et leurs réponses à ces questions de même qu'à mes notes. Je n'ai pas essayé de rattacher chaque commentaire ou déclaration à une personne en particulier, mais j'ai présenté le résultat final de cet exercice aux principales personnes interrogées.

Rôle du gouvernement et des universités dans la recherche et la surveillance des eaux

La réponse la plus "ouverte" à la question du rôle du gouvernement et des universités est venue de plusieurs scientifiques de différents paliers du gouvernement qui favorisent une approche intégrée où les chercheurs du secteur public et des universités participeraient à des projets communs, le gouvernement octroyant laboratoires, bateaux et le reste aux universités souvent moins bien nanties et encourageant une plus grande interaction qu'il n'en existe actuellement. La nomination à un poste conjoint ou annexe à l'université, dans le cas des chercheurs du gouvernement, et le recours à un congé sabbatique, dans l'un ou l'autre cas, sont les solutions préconisées. On recourt à des affectations croisées dans une certaine mesure, mais celles-ci reposent habituellement sur des ententes conclues entre individus et ne sont pas appuyées sans réserve par les universités et leurs départements. Selon les personnes interrogées, l'arrangement idéal est celui utilisé au National Centre for Atmospheric Research (NCAR), au Colorado. Le NCAR est parrainé par la National Science Foundation (NSF) américaine. Son personnel est constitué d'universitaires qui y sont détachés pour une période inférieure à cinq ans. Plusieurs chercheurs du gouvernement ont souligné que les ministères, du fait de leur structure, montrent de la réticence en ce qui concerne les échanges officiels; de leur côté, les scientifiques des universités (qui, pour la plupart, ne montrent guère autant d'enthousiasme pour ce concept) éprouvent certaines craintes quant au mandat et aux contraintes politiques auxquels doivent se plier les chercheurs du gouvernement, surtout lorsqu'il s'agit de travailler sur des sujets "délicats". Relations et associations personnelles ont constamment été évoquées comme mode d'interaction normal. Dans une certaine mesure, on pense que ce type de liaison devrait être intégré au mandat officiel des universités et du gouvernement.

Les modèles illustrant comment les chercheurs des universités et des gouvernements devraient coopérer doivent être basés sur la façon dont ces deux groupes perçoivent leurs rôles respectifs. Ainsi, un chercheur universitaire en sciences sociales a indiqué qu'il faudrait parvenir à un juste équilibre entre l'obligation de rendre compte et la créativité. Dans un tel modèle, recherche, planification et contrôle constitueraient différents éléments d'un seul et unique processus de résolution des problèmes et on mettrait fortement l'accent sur la créativité dans les universités de même que sur l'obligation pour celles-ci de rendre compte au gouvernement, ce dernier devant tenir compte des priorités et des mandats politiques en cours.

Toujours au sujet du rôle respectif de chaque entité, on a noté que le gouvernement pourrait prendre plus d'engagements à "long terme" étant donné la stabilité de son personnel. Les universités ayant plutôt tendance à effectuer le travail sous forme de projets ponctuels entrepris par des étudiants diplômés, elles pourraient s'attaquer à de petits "morceaux" du problème mais aussi poursuivre des études plus détaillées. Les intervenants croient que la recherche universitaire pourrait être plus

souple, plus libre. Un universitaire a souligné que le degré de liberté diminue à mesure que la recherche se rapproche des politiciens et des hauts fonctionnaires. Le même professeur estime que l'université est l'organisation idéale pour entreprendre des recherches "désintéressées", mais qu'à long terme, les résultats des travaux universitaires devraient être incorporés aux politiques publiques ou utilisés par le gouvernement à cette fin. Ce modèle, que l'on pourrait qualifier de modèle séquentiel à long terme, se distingue du modèle de "l'amalgame", même s'il ne restreint pas les interactions, et de celui qui implique la poursuite de programmes à long terme par le gouvernement et de petits projets à court terme par les universités. Plusieurs personnes interrogées ont mentionné le modèle séquentiel, y compris celles qui n'occupent actuellement aucune position dans l'un ou l'autre secteur. L'un de ces chercheurs "indépendants" partageait une opinion différente de celle exposée plus haut en ce qui concerne la continuité. En effet, cette personne estime qu'il y a plus de continuité dans les universités. Malgré cela, un scientifique d'une université a indiqué que les chercheurs devraient se montrer plus consciencieux et résoudre un problème avant de s'attaquer à un autre. Les chercheurs "indépendants" ont souligné la liberté ainsi que les possibilités de créativité et d'innovation qui existent dans les universités, en ajoutant que le gouvernement peut en récolter et en utiliser le fruit pour élaborer des politiques ou établir des mesures de contrôle courantes. Certains considèrent le cycle politique comme un facteur temporel limitant pour la recherche publique. On estime également que les chercheurs universitaires devraient "se faire entendre" plus souvent qu'ils ne le font actuellement.

Toutes les personnes interrogées ont mentionné le financement et des difficultés à ce niveau : les chercheurs des universités et du gouvernement déplorent l'attitude des ministères qui veulent "tout prendre en main", de telle manière que les scientifiques universitaires doivent se contenter des "restants". D'autres estiment, et c'est là la tendance générale, qu'une concurrence loyale pour l'obtention de fonds est aussi saine que désirable et sont relativement contents des méthodes utilisées par le gouvernement et d'autres organismes pour sélectionner les chercheurs et leur octroyer des crédits. Une personne s'est plainte du fait que la documentation scientifique n'est pas examinée par des spécialistes. Tout le monde a déploré la situation du ministère fédéral de l'Environnement en matière de financement.

On estime que la surveillance est un aspect important de la recherche et non une activité distincte, même si l'on pense généralement que les programmes de contrôle à long terme devraient incomber au gouvernement, partiellement en raison de tout ce que cela suppose sur le plan politique. Dans le cas des pluies acides plus particulièrement, on a illustré la nécessité de recueillir continuellement des données à l'aide de programmes de surveillance bien conçus ainsi que de procéder à un ajustement et à une uniformisation des méthodes utilisées.

Un autre point portait sur la recherche relative aux techniques de surveillance. On a parlé de méthodes "dépassées" que l'on continue d'utiliser par force d'habitude; d'un autre côté, la recherche sur le contrôle se caractérise parfois par une "surabondance de nouvelles techniques" souvent peu pratiques ou rarement utilisées. Dans plusieurs cas, on a suggéré l'étude d'indices ou de contrôles biologiques en soulignant une fois de plus la nécessité d'assurer l'uniformisation des techniques. Tout le monde est d'accord sur le fait que le contrôle biologique est plus difficile que le contrôle chimique et qu'il est d'une grande utilité.

On aura de plus en plus besoin de mécanismes de surveillance à grande échelle, voire d'échelle mondiale, dans l'avenir et les méthodes de contrôle chimique, physique et, éventuellement, biologique, devraient être examinées dans le contexte global. Certains chercheurs aimeraient que le contrôle s'exerce au niveau de l'écosystème, un fait accompli dans certaines études (p. ex. celles sur les Grands Lacs), et que celui-ci devienne la norme, mais jusqu'à

présent les méthodes utilisées pour tâter le "pouls" de l'écosystème ne sont pas des instruments de contrôle courants. Il faut intensifier les recherches sur la surveillance à grande échelle en vue d'élaborer une politique ou du moins quelques protocoles. Les nouveaux réseaux de collecte de données sur les précipitations sont le meilleur exemple de surveillance à grande échelle en ce qui concerne les dépôts d'émissions atmosphériques.

Organisation de la recherche

On ne s'entend guère sur l'organisation de la recherche. Personne n'a précisé qui devrait juger de l'efficacité de la recherche ni quels critères il faudrait appliquer aux projets pour en prouver l'utilité. Plusieurs ont souligné qu'il est impossible de calculer systématiquement les avantages indirects de la recherche. D'autres conviennent que les chercheurs universitaires devraient être jugés par leurs pairs et d'après le nombre de communications dans les périodiques scientifiques, mais il s'agit peut-être là d'une base trop restrictive pour les chercheurs du gouvernement détachés dans une université.

Parmi les institutions et les organismes qui devraient servir d'exemple à la recherche canadienne se trouvent le NCAR, dont il a déjà été question, le Centre canadien d'étude des eaux intérieures (CCEEI) et le centre de recherche de Dorset du MEO. Le centre de Dorset, où la recherche se concentre sur les pluies acides, accueille les chercheurs universitaires, donne du travail aux étudiants diplômés et affecte les scientifiques du gouvernement à une ou deux universités ontariennes. Sa réussite sur le plan de l'intégration est encore en grande partie attribuable aux interactions informelles et à beaucoup de bonne volonté.

On a proposé les comités "d'élite" de la National Academy of Sciences (NAS) américaine comme modèle pour le Canada, même s'il faut se rappeler que les Etats-Unis possèdent dix fois plus de ressources que notre pays. Plusieurs personnes ont parlé des enquêtes et des commissions récentes de la Société royale du Canada (SRC). Il est bien connu que des membres éminents et émérites de la collectivité scientifique espèrent voir la SRC jouer un rôle comparable à celui de la NAS aux Etats-Unis. La principale différence entre ces deux organismes est le mode de financement, inexistant chez la SRC pour ce qui est de soutenir les diverses commissions et les comités supérieurs. Le financement des études récemment entreprises par la SRC est principalement le fait du gouvernement fédéral mais aussi, dans certains cas, des provinces.

En ce qui concerne plus particulièrement les ressources hydriques, on préconise la création d'un conseil consultatif de recherche sur les eaux. Pour avoir du "mordant", un tel conseil aurait besoin d'argent. L'annulation du budget discrétionnaire fédéral de 250 000 $ pour la recherche sur les eaux en 1987 (voir chapitre 1) a été jugée "déplorable" et "démoralisante" par divers experts.

Un autre modèle américain, d'objectif différent mais tout aussi louable, a été mentionné : un comité sur la recherche scientifique et la technologie de la chambre des représentants du Congrès; ce comité détient certains pouvoirs en matière de financement et d'évaluation de projets de recherche à un haut palier du gouvernement. Par ailleurs, on s'inquiète considérablement du manque de connaissances scientifiques des membres des comités gouvernementaux. Une initiative prise récemment à la Chambre des communes canadienne a été la tenue d'une série d'échanges de points de vue entre politiciens et scientifiques.

L'approche du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) a été universellement applaudie, mais deux craintes subsistent : l'absence d'une définition rigoureuse de la recherche "thématique" (doit-elle être "appliquée" au sens d'utilité immédiate ou doit-elle porter sur des idées prometteuses se rapportant à des domaines d'intérêt national?) et le fait que les jeunes et brillants chercheurs peuvent être désavantagés s'ils ne comptent pas beaucoup de communications à leur actif.

D'autres personnes préconisent le modèle allemand : un centre de recherche à mandat

général mais bien défini, doté d'un budget précis, garanti à long terme.

Le Canada a besoin d'un "monument", d'une institution s'appuyant sur des chercheurs chevronnés, de réputation internationale. La plupart des gens penchent pour un institut indépendant, financé par le gouvernement fédéral, qui s'intéresserait à la recherche fondamentale et appliquée. En outre, on encourage fortement la création d'une académie quelconque (qui pourrait dériver de la SRC) pour parrainer et financer des enquêtes et des recherches sur de grandes questions. On estime que les efforts scientifiques sont mal dirigés et qu'on a besoin de personnel bien formé, capable de comprendre ce que font les chercheurs, de même que de réagir efficacement.

On a proposé la constitution d'un comité permanent de la Chambre des communes sur la recherche relative aux eaux; on désire profondément que les interactions informelles actuelles se poursuivent, voire s'intensifient. Une personne a mentionné le groupe mis sur pied pour s'occuper du réaménagement du ruisseau Black à Toronto. Fait peut-être surprenant, la diffusion des résultats scientifiques à la population (ou son absence) n'est pas considérée comme un écueil. Lorsqu'on lui a posé précisément cette question, une personne a déclaré que les scientifiques n'ont pas tous besoin d'être des spécialistes en communication. Il suffit que quelqu'un se charge des contacts avec le public (un gestionnaire?). Personne n'a critiqué les médias, mais ceux-ci n'ont pas fait l'objet d'une appréciation enthousiaste, sauf peut-être de la part des dirigeants de groupes de citoyens.

Tout le monde est d'accord pour dire qu'aucun de ces arrangements ne donnera de bons résultats sans l'injection d'une somme importante ni garantie de continuité qui constituerait également un "vote de confiance".

Priorités en matière de recherche sur les eaux

Dans leur réponse à une question générale sur les domaines de recherche et l'établissement de priorités, certains se sont limités au problème du TPAGD alors que d'autres ont procédé à une interprétation beaucoup plus vaste. Deux personnes ont insisté sur le fait qu'il faut établir des priorités. L'une a suggéré de confier cette tâche à un conseil canadien de l'environnement; l'autre la laisserait aux gestionnaires du gouvernement spécialisés dans la recherche.

Dans le cas du TPAGD, quelqu'un a expliqué qu'on devrait pouvoir effectuer des mesures plus précises avant de quantifier les voies d'acheminement et les apports de polluants. La même personne a précisé qu'on en savait beaucoup plus long sur les oxydes de soufre que sur les oxydes d'azote et qu'il faudrait accorder plus d'attention aux effets et au contrôle (au besoin) des oxydes d'azote. La surveillance doit se poursuivre. La collecte de renseignements sur les contaminants atmosphériques autres que les précurseurs acides est prioritaire. Une personne juge que l'accumulation de sédiments contaminés pose un grave problème.

En ce qui a trait aux problèmes plus généraux de pollution, plusieurs personnes font une priorité de l'élaboration de directives sur le dragage des sédiments et l'identification des véritables coupables en ce qui concerne la pollution des sédiments. Les sédiments contaminés recouvrent de vastes étendues (et se retrouvent en grande quantité). Il faut décider si on doit les draguer, en précisant comment les éliminer, ou s'il faut les laisser en place, avec ou sans traitement. Ce problème et ses liens avec l'élimination des déchets toxiques et l'exploitation des dépotoirs ont été évoqués par diverses personnes.

On a formulé plusieurs suggestions sur les problèmes nationaux relatifs aux ressources hydriques. Deux personnes ont indiqué qu'on devait s'intéresser à la qualité de l'eau dans l'est du Canada tandis que dans l'Ouest, c'est l'aspect quantitatif des ressources qui prime. Au moins cinq personnes attachent une grande importance à la recherche sur la demande d'eau pour les projets relatifs à l'énergie (on déplore l'exportation d'eau et d'électricité). Quelqu'un considère qu'il serait plus facile

de résoudre les problèmes de toxicité que ceux entraînés par une utilisation massive d'eau pour la production d'énergie. Deux personnes ont cité le Québec en exemple pour illustrer la production d'énergie hydro-électrique à des fins lucratives, sans recherches suffisantes sur les conséquences qu'une telle entreprise peut avoir sur l'environnement.

On a formulé trois solides recommandations de recherche en ce qui a trait à l'évaluation des risques. Dans de nombreux cas, on estime que les données sont assez nombreuses et qu'il faudrait maintenant tourner notre attention vers l'intégration et l'interprétation des résultats ainsi que tenter d'améliorer les prévisions en appliquant les données existantes aux modèles. Fait intéressant, une seule personne a spécifiquement mentionné les risques pour la santé, mais cet aspect était de toute évidence implicite dans d'autres demandes ayant trait à l'évaluation des risques. Une personne a suggéré une analyse coûts-avantages sur les contaminants atmosphériques et leurs effets, ainsi que sur les méthodes de contrôle.

La recherche sur les phénomènes d'envergure globale, à laquelle s'intéressent déjà les climatologistes, ainsi que sur le mécanisme général de la détérioration de l'environnement face à la tendance qu'ont les problèmes locaux de s'étendre à l'ensemble de la biosphère a été explicitement recommandée par deux personnes. L'éternelle question relative à la manière de transformer des résultats scientifiques "solides" en politique "adéquate" se classe au premier rang des priorités d'un expert.

Les réponses allaient donc du spécifique au général et on a aussi bien mis l'accent sur les aspects techniques que sociaux et sur la science appliquée que sur les considérations d'ordre philosophique. Il faut noter l'absence de consensus, mais il s'agissait là d'un échantillonnage restreint dont le seul but était de recueillir des idées et des suggestions.

Utilité du bassin versant comme unité de gestion

On a consacré très peu de temps à cette question, issue d'une recommandation du rapport Pearse. Sur le plan scientifique, le bassin versant est une unité utilisable pour l'étude tant de phénomènes naturels que de l'accumulation des contaminants. On a déjà parlé des études sur le bassin jaugé. Par l'entremise de telles recherches, le Canada s'est lancé sur la voie des projets de l'envergure d'un bassin versant. L'énorme somme d'argent en jeu l'empêche de faire marche arrière.

Les phénomènes examinés dans le cadre de ce document ne se limitent pas au bassin versant. Ils peuvent affecter une région comme la terre entière. De plus, un bassin peut franchir les frontières politiques. C'est, par exemple, le cas de celui des Grands Lacs, c'est-à-dire le système constitué par l'ensemble des Grands Lacs. Idéalement, les unités gérées devraient faire preuve de cohérence sur le plan matériel et être fonctionnelles sur le plan politique. Bon sens et pragmatisme sont de mise!

Budgétisation de la recherche et de la restauration

Aucun chercheur n'aimerait voir ses sources de financement se tarir quand on lui demande comment les fonds devraient être répartis entre la recherche et la restauration des systèmes aquatiques détériorés. Cependant, on a cité des traitements très coûteux que toléraient les contribuables (le traitement de l'eau potable de même que la collecte et le traitement des eaux usées sont des techniques de restauration). Dans ce contexte, une question beaucoup plus fondamentale est de savoir si on en sait assez pour prendre des mesures et qui devrait adopter ces dernières. On a souligné le décalage qui existe entre l'acquisition et l'exploitation des connaissances. Il faut faire une distinction entre ce qu'on a "hérité" du passé, c'est-à-dire les systèmes aquatiques contaminés ou détériorés d'une façon quelconque, et l'approche "préventive". Bien sûr, la prévention est à la base de la recherche de méthodes de contrôle des

émissions. La section sur le chaulage illustre les difficultés que soulève la mise en oeuvre de techniques de restauration.

Rôle des gouvernements fédéral et provinciaux dans la gestion des ressources hydriques

On n'examinera pas cette question en détail, en partie parce qu'on ne désirait pas vraiment modifier les arrangements existants, mais plutôt les "améliorer". Un point capital mentionné par plusieurs personnes (presque toutes de l'Ontario) est toutefois qu'avant d'envisager une modification à la répartition des responsabilités fédérales et provinciales pour ce qui est de l'eau, on doit se rappeler qu'il existe des variations considérables dans la taille du territoire, les ressources et les problèmes des provinces, de telle façon que les provinces moins importantes et financièrement moins solides feront davantage appel au système fédéral que celles mieux nanties comme l'Ontario.

Si la réglementation incombait entièrement aux provinces, compte tenu des différences importantes qui existent entre celles-ci, la pollution interprovinciale pourrait devenir un problème comparable, sur une plus petite échelle, aux problèmes internationaux de pollution transfrontière. Aucune suggestion n'a été formulée en vue de le résoudre.

Conclusions et propositions

1. Il existe une relation entre l'émission des polluants atmosphériques et leur accumulation dans les eaux de surface, mais cette relation n'est pas nécessairement simple ni linéaire pour le principal contaminant, à savoir le soufre. Cela nuit à l'établissement de prévisions précises sur les conséquences qu'un changement du taux d'émission pourrait avoir sur l'accumulation de polluants.
   Il faudrait recueillir plus de données empiriques à partir de méthodes normalisées et poursuivre l'élaboration et la vérification de modèles plus complexes.

2. D'autres contaminants que les précurseurs acides pénètrent dans l'eau à la suite de leur transport sur de grandes distances dans l'atmosphère. Les métaux et les composés organiques à l'état de traces en sont deux exemples.

3. Les techniques modernes ont tendance à disperser les polluants atmosphériques sur des territoires très éloignés du point d'origine.

4. Les effets de l'acidification sur la qualité chimique et biologique des écosystèmes aquatiques sont bien documentés. On connaît moins les relations quantitatives entre l'accumulation des polluants et ses effets. Il est essentiel de protéger les systèmes sensibles et d'introduire une marge de sécurité.
   On devrait se servir des estimations sur la charge prévue pour protéger les milieux les plus fragiles.

5. On a retardé l'implantation de mesures de contrôle des émissions pour diverses raisons, aussi bien scientifiques que socio-économiques. Plusieurs provinces canadiennes appliquent maintenant des mesures de contrôle pour les principales sources d'émissions, mais tel n'est pas le cas aux Etats-Unis.
   Il faut à tout prix rassembler de la documentation quant aux effets des émissions sur les systèmes récepteurs et aux prévisions issues des modèles ou des expériences, puis la rendre publique. Il s'agit sans doute là de ce qui se rapproche le plus d'une "preuve" susceptible d'avoir une influence politique.

6. Les effets des traces de métaux et de composés organiques sur les biotes aquatiques et la population sont virtuellement inconnus, mais pourraient être très dangereux.
   Il faut recourir à l'épidémiologie et à l'écotoxicologie pour évaluer les dommages causés par les contaminants à l'état de traces. Dans l'intervalle, on devrait se servir des méthodes d'évaluation des risques basées sur les données écotoxicologiques (implicitement imparfaites) afin de restreindre l'exploitation des étendues d'eau touchées ou de traiter ces dernières.

7. On ignore tout du sort et des effets à long terme des contaminants qui se sont accumulés dans les sédiments, qu'on qualifie d'ailleurs de "bombe à retardement".
   On devrait poursuivre la recherche sur les modèles, les mesures empiriques et les effets du flux de sédiments, y compris les facteurs qui facilitent ou restreignent le flux de sédiments vers l'extérieur du système.

8. Une somme remarquable de recherches ont porté sur les précipitations acides et les phénomènes connexes en Europe et en Amérique du Nord depuis le début des années 1970. On possède de bonnes données descriptives sur tous les plans - émissions, transport, dépôts et effets - mais on reste mal renseigné sur les mécanismes du problème.
   La recherche sur les mécanismes n'est pas de la plus haute priorité en ce qui concerne la résolution du problème, mais on devrait l'appuyer si l'on veut mieux comprendre ce dernier.

9. On applique de bonnes approches au problème (surveillance, études sur le bassin jaugé, manipulation expérimentale, paléolimnologie, toxicologie et modélisation). Par ailleurs, on écrit abondamment sur le sujet, en allant des articles populaires, sinon sensationnalistes, aux plus techniques.

10. Le chaulage des systèmes aquatiques acidifiés ou sur le point de l'être est techniquement réalisable et peut améliorer la pêche. Cependant, on émet certaines objections d'ordre philosophique quand il s'agit de traiter le symptôme et non la cause, et d'importants problèmes logistiques empêchent l'application de cette technique sur une grande échelle.
    Il faudrait financer des recherches restreintes et précises sur le chaulage et les faire connaître. Il est peu probable qu'une telle politique, bien administrée, entrave la prise de mesures susceptibles de régler le problème à sa source.

11. **Il faut soigneusement planifier le chaulage, lequel exige des recherches préliminaires.**
    Il est possible que chaque système doive être évalué à part lorsqu'on evisage le chaulage.

12. Trois modèles sur le rôle respectif des chercheurs du gouvernement et des universités sont ressortis des entretiens avec ces derniers en ce qui a trait à la recherche et à la surveillance : a) le modèle de "l'amalgame" qui suppose une étroite interaction, des affectations conjointes ou réciproques et aucune distinction fondamentale de rôle, même s'il en existe une dans le mandat des institutions et s'il peut y avoir des différences sur le plan de la créativité et de l'obligation de rendre compte;
    b) le modèle où les recherches poursuivies par le gouvernement témoignent de l'effort de recherche à long terme et où les universités s'occupent des "restants" en effectuant des recherches en profondeur et peut-être assez libres pour être vraiment "désintéressées";
    c) enfin, le modèle "séquentiel" où les chercheurs universitaires rassemblent des renseignements que le gouvernement exploitera tôt ou tard, directement ou indirectement, pour prendre des décisions et élaborer des politiques.

13. Il existe une grave pénurie de fonds à l'échelon fédéral pour effectuer des recherches sur l'environnement.
    Le gouvernement fédéral devrait instaurer un processus rationnel pour attribuer les fonds de recherche en fonction des politiques qu'il poursuit. Un conseil fédéral spécial sur la recherche relative aux ressources hydriques et(ou) une académie des sciences pourrait examiner les projets, orienter la recherche et distribuer les fonds à l'échelon fédéral. Les demandes de financement des projets de recherche sur les eaux devraient être examinées par un comité de pairs et non par des personnes n'ayant aucune formation scientifique, des gestionnaires scientifiques se chargeant de garder les recherches dans la bonne voie.

14. La population s'inquiète des problèmes environnementaux et s'y intéresse, surtout quand ils ont trait à l'eau et aux substances toxiques.
On devrait poursuivre et intensifier la diffusion de matériel par les médias ainsi que la rédaction de feuillets d'information par des professionnels.

15. Des programmes à long terme de contrôle chimique et biologique de l'air et de l'eau sont en voie d'élaboration, mais ces programmes ne sont pas normalisés et rien ne garantit qu'on leur accordera un soutien durable.
Il faut soutenir fermement les programmes courants de surveillance de même que les recherches susceptibles de perfectionner et éventuellement de modifier les concepts fondamentaux sur lesquels ils se basent. La surveillance devrait être considérée comme une science digne de respect et être traitée sur un pied d'égalité avec les autres formes de recherche.

16. Bien que les précurseurs acides comprennent les oxydes de soufre et d'azote, jusqu'à présent on s'est surtout attaché aux effets du soufre sur les systèmes aquatiques, et les mesures de dépollution concernent principalement les émissions de soufre des sources stationnaires. Il se peut que l'on fasse fausse route en écartant d'emblée les oxydes d'azote du programme de réduction des émissions de cheminées.
Il faudrait intensifier la recherche pour établir l'importance des effets des nitrates ou de l'acide nitrique sur les systèmes aquatiques.

17. Nous traversons une ère de bouleversements mondiaux et de détérioration de l'environnement où les sources de pollution se trouvent à de vastes distances des lieux affectés.
Il faudrait promouvoir une perspective globaliste de la détérioration de l'écologie, y compris par le recours à l'approche de l'écosystème et à des travaux pluridisciplinaires à tous les échelons. Les unités de gestion des eaux ne devraient pas reposer sur les frontières politiques ou naturelles, mais bien sur le bon sens.

Annexes

ANNEXE A. PERSONNES INTERROGEES JANVIER - JUIN 1987

T. Brydges - conseiller, bureau de liaison du TPAGD, Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, 4905, rue Dufferin, Downsview (Ontario) M3H 5T4.

F. Elder - directeur du programme TPAGD, Institut national de recherche sur les eaux, Centre canadien d'étude sur les eaux intérieures, C. P. 5050, 867, promenade Lakeshore, Burlington (Ontario) L7R 4A6.

A.P. Grima - professeur, département de géographie et Institute for Environmental Studies, Université de Toronto, Toronto (Ontario) M5S 1A4.

H. Harvey - professeur, département de zoologie, Université de Toronto, Toronto (Ontario) M5S 1A4.

A. Hurley - coordonnateur, Canadian Coalition on Acid Rain et Perley & Hurley Ltd, 112, avenue St. Clair ouest, pièce 401, Toronto (Ontario) M4V 2Y3.

M. Keating - journaliste (questions environnementales), Globe and Mail, 444, rue Front, Toronto (Ontario) M4V 2S9.

M. Perley - coordonnateur, Canadian Coalition on Acid Rain et Perley & Hurley Ltd, 112, avenue St. Clair ouest, pièce 401, Toronto (Ontario) M4V 2Y3.

H. Regier - professeur, département de zoologie et Institute for Environmental Studies, Université de Toronto, Toronto (Ontario) M5S 1A4.

D. Whelpdale - professeur, département de génie chimique et Institute for Environmental Studies, Université de Toronto, Toronto (Ontario) M5S 1A4 et chercheur principal, Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, 4905, rue Dufferin, Downsview (Ontario) M3H 5T4

Entretiens officieux avec :

C. Caccia - député de Davenport et critique du parti Libéral pour les questions relatives à l'environnement, Chambre des communes, pièce 353 S, Ottawa (Ontario) M5S 1A4.

L. Barrie - chercheur principal, Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, 4905, rue Dufferin, Downsview (Ontario) M3H 5T4.

P. Campbell - professeur, INRS-Eau, Université du Québec, 2700, Einstein, C.P. 7500, Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7.

S. Eisenreich - professeur, département de génie civil et minier, Université du Minnesota, Minneapolis (Minnesota), 55455, Etats-Unis.

R. D. Evans - professeur, Etudes environnementales, Université Trent, Peterborough (Ontario) K9J 7B8.

J. Ford - coordonnateur à la recherche sur les dépôts acides, Environmental Protection Agency, 200 SW 35th Street, Corvallis (Oregon) 97333.

A. Forester - expert-conseil, Dartside Consulting, 151, rue Yonge, Toronto (Ontario) M5M 3H3.

R. Hall - chercheur, ministère de l'Environnement de l'Ontario, centre de recherche de Dorset, C.P. 39, Dorset (Ontario) P0A 1C0.

D. MacKay - professeur, département de génie chimique et Institute for Environmental Studies, Université de Toronto, Toronto (Ontario) M5S 1A4.

D. Schindler - chercheur principal, Institut des eaux douces, 501, University Crescent, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6.

C. Wren - B.A.R. Environmental Ltd, 532, rue Queen est, Toronto (Ontario) M5A 1V2.

ANNEXE B. QUESTIONS AYANT SERVI DE BASE AUX ENTRETIENS

La planification, la surveillance et la recherche sont différents aspects de la gestion des eaux au Canada.

1. Les organismes du gouvernement ont-ils les mêmes responsabilités que les universités sur le plan des activités poursuivies dans ces trois domaines ou serait-il préférable que la recherche se concentre dans les universités?

2. Certaines personnes estiment que le Canada ne consacre pas assez d'argent à la recherche. Que veulent-elles dire? De quelle façon devrait-on évaluer l'effort de recherche par rapport aux besoins nationaux? Le Canada (ou qui que ce soit) sait-il comment procéder à une telle évaluation?

3. Compte tenu d'un financement limité, comment le Canada devrait-il répartir les fonds entre la restauration ou le traitement des eaux et la recherche? (Faute d'une estimation, pouvez-vous citer des exemples ou des études de cas sur lesquels on possède assez de renseignements pour justifier l'utilisation des fonds en vue du traitement des eaux, comparativement aux cas qui justifient "plus de recherches" avant l'adoption de mesures véritables.)

4. Quelles seraient vos propres priorités en ce qui a trait aux recherches sur les eaux susceptibles d'avoir un effet direct sur la politique (comparativement à la recherche pure ou aux projets axés sur la curiosité scientifique)?

5. Le rapport Pearse recommandait qu'on utilise le bassin versant comme unité de gestion des eaux. Pensez-vous que cette solution est raisonnable du point de vue a) scientifique et b) socio-économique?

6. Doit-on effectuer des recherches sur les techniques de surveillance?

Les problèmes relatifs à la qualité des eaux et à la quantité d'eau ont évolué au cours des dernières décennies. Une des principales modifications a été le changement d'échelle. Les principaux exemples de problèmes à grande échelle sont les variations climatiques et le TPAGD ainsi que ses relations avec les dépôts acides et les "pluies toxiques".

7. Le Canada poursuit-il assez de recherches sur ces problèmes? Dans la négative, quelles recommandations formuleriez-vous?

8. A votre avis, pourquoi le gouvernement fédéral a-t-il réduit ou supprimé le financement de la recherche en toxicologie, en toxicologie de la faune et en écotoxicologie?

La constitution canadienne ne mentionne pas l'eau comme telle. Cependant, nous l'interprétons comme si la responsabilité de la gestion des eaux incombait principalement aux provinces.

9. Le palier provincial est-il le plus approprié en ce qui concerne la gestion des eaux?

10. Les résultats expérimentaux appuient-ils la politique visant à éliminer complètement les émissions? Dans le cas contraire, quelles recherches faudrait-il effectuer?

D'aucuns ont déclaré que le Canada pourrait devenir un chef de file dans la recherche sur "une industrie de l'environnement", à savoir les pratiques industrielles qui protègent l'environnement. Cela pourrait constituer un lien très solide entre les objectifs poursuivis sur le plan de l'environnement et les objectifs économiques.

11. Sommes-nous en mesure de promouvoir une telle approche?

12. Que pouvons-nous apprendre des autres ou extrapoler des résultats des recherches étrangères dans le contexte canadien?

13. Qu'advient-il des pays du tiers monde? Quelle est la responsabilité du Canada en ce qui concerne l'environnement et le développement du tiers monde?

ANNEXE C. DEUX COMMUNIQUES DE PRESSE DECRIVANT LE PROGRAMME ONTARIEN VISANT A REDUIRE LES EMISSIONS D'OXYDES DE SOUFRE

Communiqué [traduction]
Le 13 août 1987
Direction des communications
Ministère de l'Environnement
Ontario

RAPPORTS SUR LA LUTTE CONTRE LES PLUIES ACIDES, TROISIEME SERIE

Le ministre de l'Environnement de l'Ontario, M. Jim Bradley, a annoncé aujourd'hui que les quatre principales usines de l'Ontario qui émettent du dioxyde de soufre ont présenté un troisième rapport d'activités sur la lutte contre les pluies acides.

Inco Ltd et Falconbridge Ltd, de Sudbury, Algoma Steel Corp. Ltd, de Wawa, et Ontario Hydro doivent présenter ces rapports au ministère de l'Environnement tous les six mois. On y trouve expliqués en détail les programmes de recherche et de lutte contre les pluies acides poursuivis par chaque société.

Inco est sur le point d'améliorer son procédé d'extraction de la pyrrhotite au moyen duquel on retire le soufre du minerai avant la calcination. L'entreprise poursuit également des recherches pour voir s'il est possible de réduire la quantité de dioxyde de soufre émise aux stades de la calcination et de la fusion, tout en augmentant la productivité.

L'usine de Falconbridge continue ses travaux en vue d'élaborer des méthodes susceptibles d'accroître l'extraction du soufre avant la fusion du minerai. Le rapport renferme une estimation sur trois techniques précises de dépollution, à savoir : hausse de la température de calcination dans les appareils à lit fluidisé; nettoyage des scories dans le convertisseur; et accroissement de l'extraction de la pyrrhotite à l'usine de Strathcona.

De son côté, Ontario Hydro signale que ses émissions respectaient les seuils de tolérance légaux pour les six premiers mois de 1987, malgré la sécheresse qui a réduit la production d'énergie hydro-électrique. La société a tenu des audiences publiques et préparé la première partie de sa soumission sur les incidences environnementales nécessaires à l'approbation des dépoussiéreurs qu'elle compte utiliser.

Enfin, Algoma Steel rapporte qu'elle continuera de respecter les exigences du gouvernement ontarien en fonctionnant à capacité réduite.

Le Ministère analysera les rapports et préparera un résumé que l'on publiera dans environ un mois.

Le programme de lutte contre les pluies acides dévoilé en décembre 1985 vise à réduire les émissions de dioxyde de soufre des quatre plus importantes sources de pollution ontariennes des deux tiers d'ici à 1994.

"Les deux derniers rapports d'activités révèlent que chaque pollueur respecte les délais établis en vue de la réduction des émissions. Ils donnent plus de détails sur les méthodes retenues en regard des nouvelles restrictions fort sévères du programme," de déclarer M. Bradley. "Nous sommes en train de prouver que les pluies acides peuvent être stoppées quand le gouvernement prend des mesures décisives et qu'un programme de dépollution est rigoureux mais aussi équitable.

"Nos voisins du sud, dont les émissions de dioxyde de soufre sont en majeure partie à l'origine du problème ontarien des pluies acides devraient en prendre bonne note et adopter des mesures pour réduire leurs émissions," a-t-il ajouté en terminant.

On peut se procurer un exemplaire des rapports des quatre sociétés sur simple demande à Environnement Ontario.

Communiqué [traduction]
Le 19 novembre 1987
Service des précipitations acides
Ministère de l'Environnement
Ontario

ETUDE DE LA TROISIEME SERIE DE RAPPORTS D'ACTIVITES SUR LA LUTTE CONTRE LES PLUIES ACIDES PAR LE GOUVERNEMENT

Le résumé et l'analyse des troisièmes rapports d'activités bi-annuels sur la lutte contre les pluies acides du gouvernement ontarien ont été dévoilés aujourd'hui par le ministère de l'Environnement.

Ces rapports révèlent que les quatre principales sources de dioxyde de soufre de l'Ontario continuent de mettre au point des méthodes de dépollution en vue de respecter les limites réduites imposées par l'Ontario en ce qui a trait aux émissions de gaz acides.

INCO
Inco concentre ses travaux de recherche et de développement sur l'extraction de la pyrrhotite et la fusion en vrac. Inco a décidé qu'elle continuerait d'exploiter sa fonderie et élaborerait des techniques de dépollution.

En avril, la société a utilisé le sixième du circuit de pyrrhotite non magnétique de l'usine de Copper Cliff pour tester un mécanisme d'extraction qui avait donné des résultats prometteurs dans des usines pilotes et en laboratoire. Cette technique continue d'être perfectionnée. Par ailleurs pendant trois semaines, vers la fin de mai, Inco a entrepris un essai d'échelle de sa technique de fusion en vrac à partir d'un four ultra-rapide. Les résultats détaillés des tests seront présentés dans le prochain rapport d'activités.

Le Ministère a demandé à Inco d'examiner d'autres techniques de dépollution utilisables en cas d'urgence et de décrire ces techniques dans ses prochains rapports.

ONTARIO HYDRO
Ontario Hydro a tenu des audiences publiques près des centrales de Nanticoke, Lambton et Lakeview ainsi qu'à son siège social à Toronto en vue de l'installation d'appareils de désulfurisation des gaz brûlés ("dépoussiéreurs") dans certaines centrales thermo-électriques. Ces audiences s'insèrent dans le processus d'évaluation des incidences environnementales qui doit précéder la mise en place des dépoussiéreurs. La société a commencé à préparer sa présentation officielle sur les incidences environnementales.

Le Ministère a demandé à Ontario Hydro de mettre au point "une stratégie plus concrète de dépollution" dans ses prochains rapports et d'envisager l'emploi de gaz naturel ou de charbon à faible teneur en soufre, l'achat d'électricité des autres provinces et l'adoption de mesures de conservation, de même que de prévoir la hausse de la demande d'électricité.

FALCONBRIDGE
Falconbridge continue de s'efforcer d'améliorer l'extraction de la pyrrhotite, d'accroître la température de calcination dans les appareils à lit fluidisé et d'améliorer le nettoyage des scories dans les convertisseurs. Comme le suggérait l'analyse ministérielle du rapport d'activités précédent, Falconbridge a fourni une estimation de la réduction de ses émissions de dioxyde de soufre dans le cadre de sa stratégie de dépollution.

ALGOMA STEEL
Algoma Steel a confirmé qu'en raison d'un marché maussade, elle continuerait d'exploiter son usine d'agglomération des minérais ferreux de Wawa, mais à capacité réduite. La société a également indiqué que si les conditions s'amélioraient, elle irait chercher son minerai ailleurs qu'à Wawa. Le Ministère avait en effet précisé que des techniques de réduction des gaz acides devraient être adoptées avant qu'Algoma puisse accroître sensiblement sa production à cet endroit.

En vertu des règlements relatifs à la lutte contre les pluies acides, tous les six mois, les sociétés Inco et Falconbridge de Sudbury, Algoma Steel de Wawa et Ontario Hydro doivent soumettre un rapport précisant

les progrès réalisés dans la réduction des émissions responsables des pluies acides ainsi que les projets pertinents envisagés pour l'avenir.

Les rapports finals, qui devront être présentés au terme de la période de développement technique de trois ans (en décembre 1988 pour les trois métallurgies et en janvier 1989 pour Ontario Hydro), devront expliquer en détail comment chaque société compte parvenir au seuil fixé pour 1994 sur les plans technique et financier. Dans l'ensemble, les quatre principaux responsables des pluies acides devront couper leurs émissions des deux tiers, comparativement aux niveaux enregistrés en 1980.

L'analyse et le résumé des rapports d'activités ont été préparés par le comité de soutien technique sur les pluies acides du ministère de l'Environnement et commentés par la Ontario Development Corporation ainsi que les ministères du Développement du Nord et des Mines, du Trésor et de l'Economie, et de l'Energie.

On peut se procurer une copie de l'analyse du gouvernement et des rapports des sociétés sur simple demande.

NOTES

Introduction

1. P.H. Pearse, F. Bertrand et J.W. MacLaren, Vers un renouveau, rapport final de l'Enquête sur la politique fédérale relative aux eaux (Ottawa, Environnement Canada, 1985) 131-145.

2. S. Oden, "Nederbordens och luftens forsurning - Dess orsaker, forlopp och verkan i olika miljoer, Statens Naturvetenskapliga Forskningsrod, Ekologikommitten (Stockholm, 1968), 1:86.

3. L.S Dochinger et T.A. Seliga (éd.), Proceedings of the First International Symposium on Acid Precipitation and the Forest Ecosystem, United States Department of Agriculture Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, en collaboration avec le Atmospheric Sciences Program, Ohio State University, Ohio, 12-15 mai 1975, USDA Forest Service General Technical Report NE-26 (Upper Darby, PA, Northeastern Forest Experiment Station, 1976).

4. Mémorandum déclaratif d'intention concernant la pollution atmosphérique transfrontière entre les Etats-Unis et le Canada, premier groupe de travail sur l'évaluation des incidences, rapport définitif, 1983. Cité par T. Brydges, atelier du groupe de travail sur les précipitations acides, Institute for Environmental Studies, Université de Toronto, Toronto, mars 1985. Voir aussi J. Nilson (éd.), Critical Loads for Sulphur and Nitrogen, rapport d'un groupe de travail nordique (Stockholm, Nordic Ministerial Council, 1986).

5. Par exemple, Canada, Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, Acidification dans l'environnement aquatique au Canada : critères scientifiques pour évaluer les effets du dépôt acide sur les écosystèmes aquatiques (Ottawa, Conseil national de recherches Canada, 1982, 377 p.).

6. SPR Associates Inc., Estimation of the Presence and Impact of Filamentous and Odour-Producing Algae : A survey of Cottagers on 214 Ontario Recreational Lakes, rédigé pour le ministère de l'Environnement de l'Ontario (Toronto, Imprimeur de la Reine de l'Ontario, 1986), 39.

7. National Research Council (E.-U.), Committee on Monitoring and Assessment of Trends in Acid Deposition, Acid Deposition : Long-term Trends (Washington, D.C., National Academy Press, 1986), 506.

8. Peter W. Mullen, "Toxicology of Acid Rain", Environmental Science and Technology 20, 3 (1986), 211.

9. William M.J. Strachan et Steven J. Eisenreich, "Mass Balancing of Toxic Chemicals in the Great Lakes", document d'information pour l'atelier sur la charge atmosphérique de produits chimiques toxiques dans le bassin des Grands Lacs de la Commission mixte internationale, Windsor, Ontario, septembre 1986, 41. Voir aussi James N. Galloway, Steven J. Eisenreich et Bryan C. Scott, Report of a Workshop on Toxic Substances in Atmospheric Deposition : A Review and Assessment, Jekyll Island, Géorgie, novembre 1979 (National Atmospheric Deposition Program, juillet 1980), NC-141.

10. Tri-Academy Committee on Acid Deposition, Acid Deposition : Effects on Geochemical Cycling and Biological Availability of Trace Elements (Washington, D.C., National Academy Press, 1985), 83.

11. C.D. Metcalfe, "Fear of the Unknown -- Chemical Mutagens in the Great Lakes," Alternatives 13 (1986), 29.

12. Rapport inédit à l'intention du Conseil national de recherches (Canada), "Biological Availability of Metals in Sediments".

13. W. Salomons, N.M. de Rooij, M. Kerdijk et J. Bril, Sediments as a Source for Contaminants?, document présenté à l'Atelier international sur la contamination in situ des sédiments (Organisation du traité de l'Atlantique Nord), Aberystwyth, R.-U. 1984.

14. G.S. Wetstone et A. Rosencranz, Acid Rain in Europe and North America : National Responses to an International Problem, étude pour le German Marchall Fund of the United States (Environmental Law Institute, 1983), 244.

Recherche sur les dépôts acides : approches et résultats

15. L.S. Dochinger et T.A. Seliga, op. cit. (note 3).

16. Workshop Report on Acid Precipitation and the Forest Ecosystem, United States Department of Agriculture, Forest Service General Technical Report NE-26 (Upper Darby, PA, 1976).

17. National Research Council (E.-U.), Committee on Atmospheric Transport and Chemical Transformation in Acid Precipitation, Acid Deposition : Atmospheric Processes in Eastern North America : A Review of Current Scientific Understanding (Washington, D.C., National Academy Press, 1983), 373.

18. National Research Council (E.-U.) et Société royale du Canada, The Great Lakes Water Quality Agreement : An Evolving Instrument for Ecosystem Management (Washington, D.C., National Academy Press, 1985), 224.

19. William M.J. Strachan et Steven J. Eisenreich, "Mass Balancing of Toxic Chemicals in the Great Lakes", document d'information pour l'atelier sur la charge atmosphérique de produits chimiques toxiques dans le bassin des Grands Lacs de la Commission mixte internationale, Windsor, Ontario, septembre 1986, 41.

20. On trouvera un exemple applicable au Canada dans D.W. Schindler, "Experimental Acidification of Whole Lake : A test of the Oligotrophication Hypothesis", dans D. Drablos et A. Tollan (éd.), Ecological Impact of Acid Precipitation, compte rendu d'un colloque international, projet SNSF, Sandefjord, Norvège, 11-14 mars 1980 (Oslo-As, Norvège, 1980), 370. Un exemple applicable aux Etats-Unis est décrit dans P.L. Brezonik (et 12 autres), "Experimental Acidification of Little Rock Lake", Water, Air, Soil Pollution 31 (1986), 115.

21. D. Drablos et A. Tollan (éd.), Ecological Impact of Acid Precipitation, compte rendu d'un colloque international, projet SNSF, Sandefjord, Norvège, 11-14 mars 1980 (Oslo-As, Norvège, 1980), 383. Hans C. Martin, Acidic Precipitation, Muskoka, Ontario, 15-20 septembre 1985, tiré de Water, Air, and Soil Pollution, volumes 30 et 31, 1986 (Dordrecht/ Boston, D. Reidel Publishing Company, 1986), partie I 1053, partie II, 1118.

22. National Research Council (E.-U.), Committee on the Atmosphere and the Biosphere, Atmosphere Biosphere Interactions : Toward a Better Understanding of the Ecological Consequences of Fossil Fuel Combustion, (Washington, D.C., National Academy Press, 1981), 263.

23. National Research Council (E.-U.), op. cit. (note 17).

24. Conseil national de recherches (Canada), Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, Acidification dans l'environnement aquatique au Canada : critères scientifiques pour évaluer les effets du dépôt acide sur les écosystèmes aquatiques (Ottawa, 1982, 377 p.).

25. The Globe & Mail, Toronto, 10 août 1987.

26. National Research Council (E.-U.), Committee on Monitoring and Assessment of Trends in Acid Deposition, Acid Deposition Long-Term Trends (Washington, D.C., National Academy Press, 1986), 506.

27. Ibid., 2

28. Canada, Comité fédéral-provincial de coordination et de recherche sur la surveillance (CCRS), Assessment of the State of Knowledge on the Long-Range Transport of Air Pollutants and Acid Deposition, partie I, sommaire (août 1986).

29. National Research Council (E.-U.), op. cit. (note 26).

30. D.W. Schindler, op. cit. (note 20), décrit des expériences de manipulation d'un lac entier dans le nord-ouest de l'Ontario.

31. National Research Council (E.-U.), Committee on Atmospheric Transport and Chemical Transformation in Acid Precipitation, Acid Deposition : Atmospheric Processes in Eastern North America : A Review of Current Scientific Understanding (Washington, D.C., National Academy Press, 1983), 373.

32. Ontario, ministère de l'Environnement, Acidic Precipitation in Ontario Study (APIOS), Acid Sensitivity Survey of Lakes in Ontario (Rexdale, Ontario, 1987).

Neutralisation des eaux de surface acides : faut-il chauler?

33. Par acidifié, on entend une alcalinité nulle ou négative (c.-à-d. l'incapacité, pour une eau, de neutraliser un acide). Il n'existe pas de définition bien établie pour agressé par la pollution acide, mais cette expression sous-entend que l'eau n'est pas encore acidifiée. Le meilleur indice d'agression serait la réduction de l'alcalinité au printemps ou occasionnellement, mais habituellement pas jusqu'à zéro. Bien qu'il n'y ait aucun bon point de repère pour déterminer le pH des eaux acidifiées ou en voie d'acidification, la plupart des spécialistes estiment qu'un pH de 6,0 ou moins dénote une eau agressée par la pollution acide. Nota : ces définitions ne sont pas acceptées à l'unanimité. Elles proviennent des scientifiques du ministère de l'Environnement de l'Ontario.

34. M. Perley, communication personnelle, juillet 1987.

35. T. Brydges, communication personnelle, mars 1987.

36. B.O. Rosseland, O.K. Skogheim, H. Abrahamsen et D. Matzow, "Limestone Slurry Reduces Physiological Stress and Increases Survival of Atlantic Salmon (Salmo salar) in an Acidic Norwegian River", Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 43 (1986), 1883-1893.

37. B. Hasselrot et Hans Hultberg, "Liming of Acidified Swedish Lakes and Streams and its Consequences for Aquatic Ecosystems", Fisheries 9,1 (1984), 4-9.

38. Electric Power Research Institute, Status Reports on Selected Environmental Issues, volume 1, Liming of Acidified Waters (avril 1987), 12.

39. Ibid.

40. W. Scheider et P.J. Dillon, "Neutralization and Fertilization of Acidified Lakes near Sudbury, Ontario" dans Water Pollution Research in Canada, J. Retel et P.H. Jones (éd.), compte rendu du 11^{e} colloque sur la recherche relative à la pollution des eaux au Canada, Centre canadien d'étude sur les eaux intérieures, Burlington, février 1976 (Toronto, Université de Toronto, Institute of Environmental Studies, 1976) 93.

41. N.D. Yan, W.A. Scheider et P.J. Dillon, "Chemical and Biological Changes in Nelson Lake, Ontario, following

Experimental Evaluation of Lake pH", dans Water Pollution Research in Canada, J. Retel et P.H. Jones (éd.), compte rendu du 12e colloque sur la recherche relative à la pollution des eaux au Canada, Université de Toronto, février 1977 (Toronto, Université de Toronto, Institute for Environmental Studies, 1977) 213.

42. W. Scheider et P.J. Dillon, op. cit. (note 40).

43. M.J. Powell, An Assessment of Brooktrout Planting in a Neutralized Lake as Compared to Four Other Sudbury Area Lakes, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Direction des pêches et de la faune, rapport inédit, 1977.

44. W. Keller et J.M. Gunn, Experimental Neutralisation of a Small, Seasonally Acidic Stream Using Crushed Limestone, rédigé pour le ministère de l'Environnement de l'Ontario, APIOS (Acidic Precipitation in Ontario Study) rapport #004/82 (Toronto, Imprimeur de la Reine de l'Ontario, 1982), ainsi que J. Gun et W. Keller, "In Situ Manipulation of Water Chemistry Using Crushed Limestone and Observed Effects on Fish", Fisheries 9,1 (1934), 19-24.

45. W. Watt, communication personnelle, mai 1987.

46. G.M. Booth, J.G. Hamilton et L.A. Molot, Experimental Lake Neutralization Studies in Ontario 1981-1986, ministère de l'Environnement de l'Ontario et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, volumes I et II (mars 1987).

47. Electric Power Research Institute, op. cit. (note 38).

48. G.M. Booth, J.G. Hamilton et L.A. Molot, "Liming in Ontario : Short-term Biological and Chemical Changes", Water, Air, and Soil Pollution 31 (1986), 709-720.

49. G. Goodchild et J.G. Hamilton, "Ontario's Experimental Neutralization Program", dans Lake Restoration, Protection, and Management, compte rendu du deuxième colloque annuel de la North American Lake Management Society, Vancouver, C.-B., 26-29 octobre 1982 (Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency, 1983), 92-95.

50. Les méthodes et les résultats sont décrits en détail dans G.M. Booth et coll., Experimental Lake Neutralization Studies in Ontario, op. cit. (note 46); G.M. Booth et coll. font le point sur les recherches dans "Liming in Ontario: Short-term Biological and Chemical Changes", op. cit. (note 46).

51. G.M. Booth et coll., op. cit. (note 46).

52. R. Wright, "The Ethics of Liming", Vatten 38, (1982), 422.

53. Par exemple, W. Scheider et P.J. Dillon, op. cit. (note 40) et R.F. Wright, Changes in the Chemistry of Lake Hovvatn, Norway, Following Liming and Reacidification, rédigé pour le ministère de l'Environnement de la Norvège, Direction de la faune et des poissons d'eau douce, projet norvégien de chaulage (Oslo, Institut norvégien de recherches sur les eaux, 1984).

54. T. Brydges, atelier du groupe de travail sur les précipitations acides, Institute for Environmental Studies, Université de Toronto, Toronto, mars 1985.

55. R.A.N. McLean, communication personnelle, mars 1987.